
Tekijä Katja Rouvinen

Työn nimi Complete – modulaarinen betonipenkki julkiseen ulkotilaan

Laitos Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, Muotoilun laitos

Koulutusohjelma Kalustesuunnittelu

Vuosi 2015

Sivumäärä 122

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Opinnäytetyöni aiheena on modulaarinen betonipenkkijärjestelmä julkiseen ulkotilaan. Taiteellisen ilmaisun ja teollisen valmistamisen yhdistäminen ulkokäyttöön suunnitellussa betonipenkissä.

Complete on pelkistetty, yksinkertainen ja minimalistiseen veistotaiteeseen pohjautuva istuin, josta voidaan koota tilallisia ja vaihtelevia kokonaisuuksia. Penkkijärjestelmä koostuu yhdestä käännettävästä moduulista. Moduuli toimii yksittäisenä istuimena tai se voidaan asentaa ryhmässä pystyasentoon, jolloin muodostetaan tilallinen ja paikallinen teos. Penkkijärjestelmä on suunniteltu käytettäväksi julkisissa ulkotiloissa, satamissa ja laitureilla.

Penkkijärjestelmällä voidaan luoda avoimia lineaarisia tai erimuotoisia kokonaisuuksia. Pystyelementin avulla tilasta voidaan tehdä intiimimpi, suojattu tila tai penkkiä voidaan käyttää vain yksittäisenä kappaleena, jos käyttötarkoitus ja paikka niin vaatii. Complete penkkijärjestelmä on uusi ja erilainen tapa luoda tilaa erilaisiin ulkotiloihin ja ajatella kalustamista uudesta näkökulmasta.

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Marinetek Finland Oy:n kanssa. Marinetek on kansainvälisesti palkittu Euroopan johtava laitureita, venesatamia ja kelluvia erikoisratkaisuja valmistava yritys. Rakenneteknisessä suunnittelussa on avustanut Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun rakennustekniikan maisteriopiskelija Aisha Ambreen ohjaajanaan apulaisprofessori Jarkko Niiranen ja tohtoriopiskelija Alexis Fedoroff.

Tutkimusosuudessa olen tutustunut betoniin materiaalina. Minimalistiseen veistotaiteeseen, joka on mielestäni kaunista ja vaikuttavaa, ilman turhia tehokeinoja. Se myös lähtökohtaisesti perustuu samaan asiaan, jonka olen halunnut näkyvän tässä penkkijärjestelmässä. Yksinkertaistamiseen, yhden kappaleen harmonisiin suhteisiin ja sen toiston luomaan kokonaisuuteen. Käynyt läpi teoksia ja projekteja henkilöiltä, jotka työssään ja teoksissaan ylittävät taiteen, muotoilun, tilasuunnittelun ja arkkitehtuurin rajoja.

Lyhyesti esitellyt tapoja, joilla betonia on yleensä käytetty ja totuttu näkemään maisema-arkkitehtuurissa ja julkisen ulkotilan kalustamisessa. Huomioinut julkista ulkotilaa koskevat määräykset Suomessa.

Produktio-osuudessa olen esitellyt istuimen valmistamisen yksityiskohtaisesti. Käynyt läpi taiteelliset, käyttöön liittyvät ja rakenteelliset lähtökohdat ja ratkaisut, jotka olen tehnyt. Toteutuksessa ja valmistamisessa ottanut huomioon valmistajan, betonin toimittajan ja rakennesuunnittelijoiden lähtökohdat ja rakenteelliset ratkaisut. Istuimia valmistettiin neljä kappaletta, yksi koevalu ja kolme lopullista istuinta. Lopullisista kolmesta kappaleesta koottiin tilallinen kokonaisuus näyttelyä varten Designmuseon edessä olevalle tontille, Korkeavuorenkatu 23, ajalla 3.9.2015 – 24.9.2015.

Avainsanat Betoni, Betonipenkki, Penkkijärjestelmä, Julkiset ulkotilat, Minimalismi, Crossover Art

Author Katja Rouvinen		
Title Complete – modular concrete bench for outdoor use		
Department School of Arts, Design and Architecture, Department of Design		
Programme Master's Programme in Furniture Design		
Year 2015	Pages 122	Language Finnish

Abstract

The subject of my Master's thesis is a modular concrete bench system for outdoor public spaces. It focuses on the combining of artistic expression and industrial manufacturing in a concrete bench designed for outdoor use.

COMPLETE – the bench system consists of one single turnable module. It is a geometrical and simplified seat, based on minimalistic sculpture art and can be used to form changeable and spatial combinations. The module can be used as one piece or it can be assembled in groups. When placed in a vertical position it can create spatial and local artefact. The bench system is designed to be used in marinas, pontoons and in public outdoor spaces.

The bench system can be used to create open, linear or different shaped arrangements. The vertical unit can help create a more intimate, sheltered space, or the bench can be used as a single individual piece if the use and place demand it. The Complete bench system is a new and different way to create space for various kinds of outdoor areas as well as a way to consider furnishing from a new perspective.

The bench system is designed in cooperation with Marinetek Finland Oy. Marinetek is Europe's internationally awarded, leading manufacturer of pontoons, marinas and floating solutions. Aisha Ambreen, master student of civil and structural engineering, Aalto University, School of Engineering, assisted in structural engineering with assistant professor Jarkko Niiranen as instructor.

In the research part of the thesis I have explored concrete as a material. I have looked at minimalist sculpture, which is in my view beautiful and affecting without unnecessary devices. It is also based on the same principle which I wanted to be seen in the bench system, i.e. simplification, a single module's harmonious relationships and a wholeness created by its repetition. I have studied works and projects by people who have tried in their work and art to transcend the borders between art, design, spatial design, and architecture.

In short I am interested in the ways in which concrete is usually used as well as how we are used to seeing it in landscape architecture and in the furnishing of outdoor public spaces. I have also considered ordinances relating to outdoor public space in Finland

In the production part of my thesis I have presented in detail the manufacturing process for the seat. I have laid out the basic artistic, usage-related and structural issues as well as the solutions that I have devised. In the implementation and manufacturing I have taken into consideration the manufacturer's, the concrete deliverer's and the designer's roles as well as structural solutions. In total four seats were made, one prototype casting and three final seats. The three final pieces were assembled into a single unit for an exhibition in front of the Design Museum, Korkeavuorenkatu 23, 3.9.2015 – 24.9.2015.

Key words Concrete, Concrete bench, Bench system, Public outdoor spaces, Minimalism, Crossover Art

COMPLETE -modulaarinen betonipenkki julkiseen ulkotilaan

Opinnäytetyö Taiteen maisteri Katja Rouvinen

Aalto -yliopisto Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Muotoilun laitos

Kalustesuunnittelun koulutusohjelma

24.9.2015

Ohjaaja: Samuli Naamanka

Tarkastajat: kuvanveistäjä Pekka Kauhanen ja professori Jouko Järvisalo

Yhteistyössä Marinetek Finland Oy:n kanssa.

Rakennetekninen suunnittelu Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun

rakennustekniikan maisteriopiskelija Aisha Ambreen ohjaajinaan apulaisprofessori Jarkko

Niiranen ja tohtoriopiskelija Alexis Fedoroff.

KIITOKSET: LUJABETONI PEIKKO GROUP R-STEEL

KANNEN VALOKUVA IIRO MUTTILAINEN 2015

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	5
JOHDANTO	7
1. BETONI MATERIAALINA	8
1.1 Yleistä	8
1.2 Betonin ympäristöystävällisyys	9
1.3 Oikean betonin valinta	9
1.3.1 Lujuusluokka	9
1.3.2 Maksimiraekoko	10
1.3.3 Notkeus	10
1.4 Eri betoni tyypit	10
1.4.1 Itsetiivistävä betoni	10
1.4.2 Kuitubetoni	10
1.5 Uudet ratkaisut ja sovellukset	12
1.5.1 LiTraCon	12
1.5.2 Ductal	12
1.5.3 The Pixel Panel	12
1.5.4 Autoclaved Aerated Concrete, AAC	12
1.5.5 Kankaalla vahvistettu betoni	13
1.5.6 Engineered Cementitious Composite, ECC	13
1.6 Betonin pintakäsittelyt	13
1.6.1 Yleistä	13
1.6.2 Muottimateriaalit	13
1.6.3 Tuoreena käsitellyt pinnat	14

1.6.4 Kovettuneena käsitellyt pinnat	16
1.6.5 Pintojen ikääntyminen ja huolto	16
2. MINIMALISTINEN VEISTOTAIDE	18
2.1 Yleistä	18
2.2 Donald Judd	18
2.2.1 Marfa Texas	21
2.3 Richard Serra	28
3. CROSSOVER ART	32
3.1 Peter Eisenman - Arkkitehti - Field of Stelae	32
3.1.1 Eisenman - Muistomerkistä	32
3.2 Sami Rintala	35
3.2.1 Luoto	35
3.2.2 The Element House	36
4. BETONIKALUSTEET MAISEMA-ARKKITEHTUURISSA	37
4.1 Yleistä	37
4.2 High Line	39
4.3 Pont Du Gard, Nimes, Maarten Van Severen	42
5. SUUNNITTELUOSUUS	44
5.1 Suunnittelun elementit	44
5.2 Taiteelliset lähtökohdat	46
5.3 Rakenteelliset ja käyttöön liittyvät lähtökohdat	52
6. KÄYTTÖKOhteet JA ERI KOKOAMISVAIHTOEHDOT	56

7. VALMISTAJAN, RAKENNESUUNNITTELIJOIDEN JA BETONINTOIMITTAJAN NÄKÖKULMAT	59
7.1 Valmistajan näkökulmat	59
7.1.1 Lähtökohdat	59
7.2 Rakennesuunnittelijoiden näkökulmat	59
7.2.1 Lähtökohdat	59
7.2.2 Ratkaisut	60
8. JULKISEN ULKOTILAN KALUSTEISSA HUOMIOITAVAT ASIAT SUOMESSA	64
9. RAKENTEELLISET JA KÄYTTÖÖN LIITTYVÄT RATKAISUT	64
10. LOPULLINEN VALMISTUS JA RATKAISUT	65
10.1 Rakenne	65
10.2 Betoni	65
10.3 Muotti	70
10.4 Kiinnitykset	72
10.5 Valu	73
10.6 Jälkikäsittely	75
11. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	77
12. LIITTEET	85
13. LÄHTEET JA KIRJALLISUUS	85

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyöni aiheena on modulaarinen betonipenkkijärjestelmä julkiseen ulkotilaan. Taiteellisen ilmaisun ja teollisen valmistamisen yhdistäminen ulkokäyttöön suunnitellussa betonipenkissä.

Complete on pelkistetty, yksinkertainen ja minimalistiseen veistotaiteeseen pohjautuva istuin, josta voidaan koota tilallisia ja vaihtelevia kokonaisuuksia. Penkkijärjestelmä koostuu yhdestä käännettävästä moduulista. Moduuli toimii yksittäisenä istuimena tai se voidaan asentaa ryhmässä pystyasentoon, jolloin muodostetaan tilallinen ja paikallinen teos. Penkkijärjestelmä on suunniteltu käytettäväksi julkisissa ulkotiloissa, satamissa ja laitureilla.

Penkkijärjestelmällä voidaan luoda avoimia lineaarisia tai erimuotoisia kokonaisuuksia. Pystyelementin avulla tilasta voidaan tehdä intiimimpi, suojattu tila tai penkkiä voidaan käyttää vain yksittäisenä kappaleena, jos käyttötarkoitus ja paikka niin vaatii. Complete -penkkijärjestelmä on uusi ja erilainen tapa luoda tilaa erilaisiin ulkotiloihin ja ajatella kalustamista uudesta näkökulmasta.

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Marinetek Finland Oy:n kanssa. Marinetek on kansainvälisesti palkittu Euroopan johtava laitureita, venesatamia ja kelluvia erikoisratkaisuja valmistava yritys. Rakenneteknisessä suunnittelussa on avustanut Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun rakennustekniikan maisteriopiskelija Aisha Ambreen ohjaajinaan apulaisprofessori Jarkko Niiranen ja tohtoriopiskelija Alexis Fedoroff.

Tutkimusosuudessa olen tutustunut betoniin materiaalina. Minimalistiseen veistotaiteeseen, joka on mielestäni kaunista ja vaikuttavaa, ilman turhia tehokeinoja. Se myös lähtökohtaisesti perustuu samaan asiaan, jonka olen halunnut näkyvän tässä penkkijärjestelmässä. Yksinkertaistamiseen, yhden kappaleen harmonisiin suhteisiin ja sen toiston luomaan kokonaisuuteen. Käynyt läpi teoksia ja projekteja henkilöiltä, jotka työssään ja teoksissaan ylittävät taiteen, muotoilun, tilasuunnittelun ja arkkitehtuurin rajoja.

Lyhyesti esitellyt tapoja, joilla betonia on yleensä käytetty ja totuttu näkemään maisema-arkkitehtuurissa ja julkisen ulkotilan kalustamisessa. Huomioinut julkista ulkotilaa koskevat määräykset Suomessa.

Produktio-osuudessa olen esitellyt istuimen valmistamisen yksityiskohtaisesti. Käynyt läpi taiteelliset, käyttöön liittyvät ja rakenteelliset lähtökohdat ja ratkaisut, jotka olen tehnyt. Toteutuksessa ja valmistamisessa ottanut huomioon valmistajan, betonin toimittajan ja rakennesuunnittelijoiden lähtökohdat ja rakenteelliset ratkaisut. Istuimia valmistettiin neljä kappaletta, yksi koevalu ja kolme lopullista istuinta. Lopullisista kolmesta kappaleesta koottiin tilallinen kokonaisuus näyttelyä varten Designmuseon edessä olevalle tontille, Korkeavuorenkatu 23, ajalla 3.9.2015 – 25.9.2015.



JOHDANTO

Minulle oli selvää, että haluan tehdä opinnäytetyönäni kalusteen julkiseen ulkotilaan. Aikaisemmissa suunnitelmissani olen tutkinut mahdollisuuksia yhdistää veistoksellisuutta kalusteisiin ja yhtenä työnäni tehnyt suuri mittakaavaisen ja tilallisen kalusteen massiiviliimapuulevystä ulkotilaan. Minua kiinnostaa se, miten kalusteet voivat olla tilallisia, käyttömahdollisuuksiltaan monipuolisia ja perustua taiteellisiin lähtökohtiin.

Minimalistinen veistotaide on mielestäni kaunista ja vaikuttavaa. Pelkistäminen, suorakulmaisuus ja yksinkertaistaminen tässä taidesuuntauksessa on lähtökohtana teoksille, joissa muotojen selkeys ja materiaaliset arvot ovat ensisijalla. Yksinkertaisten kappaleiden mittasuhteilla ja niiden toistamisella saadaan aikaan kokonaisuuksia, jotka ovat harmonisia ja kauniita.

Julkisen ulkotilan kalustamisessa minulle lähtökohtana on tehdä kauniimpaa, parempaa ja käytössä toimivampaa yhteistä tilaa ihmisille. Taiteen tuominen yhdeksi asiaksi ihmisten joka päiväisessä elämässä on mielestäni tähän ratkaisu, myös se, että tilan suunnittelua ei huomioida vain perinteisen kalustamisen näkökulmasta. Tilallisuus on yksi osa kalustetta ja näin myös kokonaisuutta.

Yhteistyöyritykseksi pyysin Marinetek Finland Oy:tä, koska yritys suunnittelee ja valmistaa isoja satamia ja kelluvia erikoisratkaisuja. Tiesin heillä olevan tietoa ja asiantuntemusta betonista materiaalina, myös isojen kansainvälisten kohteiden suunnittelusta ja rakentamisesta.

Betoni materiaalina soveltuu hyvin julkisen ulkotilan kalusteen materiaaliksi. Mielestäni betoni on kaunis ja pelkistetty materiaali, josta on rajattomat mahdollisuudet tehdä

erilaisia muotoja ja pinnan struktuureita. Se myös kiinnosti minua materiaalina, koska en aikaisemmin ollut käyttänyt sitä suunnitelmissani. Betoni on vahva, kestävä ja pitkäikäinen materiaali. Koska se on valettavissa, sillä on mahdollista tehdä joko plastisia muotoja, sekä suorakulmaisia ja pelkistettyjä rakenteita. Minulle ominainen muotokieli on aina ollut pelkistettyä ja suorakulmaista.

Kirjallisessa osuudessa olen tutkinut eri minimalistisia taiteilijoita ja heidän teoksiaan. Esitellyt töitä ja projekteja henkilöiltä, jotka työssään ja teoksissaan ylittävät taiteen, suunnittelun, muotoilun ja arkkitehtuurin rajoja. Perehtynyt tapoihin, joilla betonia on yleensä käytetty maisema-arkkitehtuurissa. Huomioinut suunnitelmassa julkisen ulkotilan kalustamiseen liittyvät määräykset Suomessa.

Produktio-osuudessa olen esitellyt istuimen valmistamisen yksityiskohtaisesti. Käynyt läpi taiteelliset, käyttöön liittyvät ja rakenteelliset lähtökohdat ja ratkaisut, jotka olen tehnyt.

Toteutuksessa ja valmistamisessa ottanut huomioon valmistajan, betonin toimittajan ja rakennesuunnittelijoiden lähtökohdat ja rakenteelliset ratkaisut. Rakenneteknisessä suunnittelussa on avustanut Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun rakennustekniikan maiste-riopiskelija Aisha Ambreen ohjaajinaan apulaisprofessori Jarkko Niiranen ja tohtoriopiskelija Alexis Fedoroff.

Istuimia valmistettiin neljä kappaletta, yksi koevalu ja kolme lopullista istuinta. Lopullisista kolmesta kappaleesta koottiin tilallinen kokonaisuus näyttelyä varten Designmuseon edessä olevalle tontille, Korkeavuorenkatu 23, ajalla 3.9.2015 – 25.9.2015.

"Luovuus on uuden luomista vanhoista aineksista. Jos luovuus koostuu pelkästään oudoista uusista osasista, se ei kosketa meitä, mikäli uudet osat eivät tuo mieleen jotakin tuttua. Lähden siitä, että luova elämys on näkökulma johonkin unohdettuun ja kaukana olevan tuntuiseen ainekseen, joka tullessaan tietoisuuteen tuntuu omalta, joskus jopa ainutlaatuiselta. Luovuus ei näin ollen ole uuden keksimistä, vaan uuden näkökulman löytämistä vanhaan merkittävään mielikuvaan tai kokonaiseen mielikuvamaailmaan." (Hägglund, Modernintaiteen museo 1989, 12.)

1. Betoni materiaalina

1.1 Yleistä

"Betoni materiaalina on muotoutunut eri aikojen vaatimusten ja ihanteiden mukaan. Betonin muotoilu edellyttää materiaalin luonteeseen ja valmistustapaan perehtymistä. Betoni on haastava materiaali ja se vaatii käyttäjiltään osaamista." (Betoni, betonin esteettisyys 2015.)

Betoni on valettava materiaali, jossa osa-aineet, värit ja pintakäsittelyt muodostavat kokonaisuuden. Betonin estetiikka on sen kivenomainen vahvuus, kuitenkin se on täysin muovailtava ja sen takia sitä voidaan käyttää myös veistoksellisten aiheiden lähtökohtana. Betonitekniikka on vuosien kuluessa kehittynyt ja materiaalia on opittu käyttämään monipuolisesti. (Betoni, betonin esteettisyys 2015.)

Betoni on rakennusaine, jolla voidaan valaa muottien avulla lähes kaikenlaisia rakenteita. Betonin etuja verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin on suuri rakenteellinen lujuus, kosteudenkestävyys ja pitkäikäisyys. Betoni on myös edullinen rakennusmateriaali.

Betoni materiaalina kestää hyvin puristusta, mutta sen vetolujuus on huono. Betoni voidaan raudoittaa, esijännittää ja kuiduttaa suuremman lujuuden aikaan saamiseksi. (Tampereen Teknillinen Korkeakoulu 1992, 63.)

Betonia on käytetty ensimmäisen kerran

tunnistettavasti Rooman kylpylä- ja amfiteatterirakennuksissa, mutta sen perusaineet ovat säilyneet samoina (Tampereen Teknillinen Korkeakoulu 1992, 17).

"Betoni koostuu kolmesta pääaineesta: sementistä eli sideaineesta, sorasta eli runkoaineesta ja vedestä. Betonin osa-aineiden keskinäisillä suhteilla on tärkeä merkitys kaikkiin betonin ominaisuuksiin." (Tampereen Teknillinen Korkeakoulu 1992, 29.) Keskeisimpänä vesisementti suhteella on ratkaiseva merkitys betonin lujuuteen (Tampereen Teknillinen Korkeakoulu 1992, 29). Betonimassaan lisätään myös seosaineita ja lisäaineita, jotta siitä saadaan halutun laista ja voidaan vaikuttaa valettavuuteen ja kovettumisaikaan.

Sementti on betonin tärkein aine ja se koostuu kalkkikivistä, kvartsista ja savesta. Osa-aineet käsitellään jauhamalla ja polttamalla, jotta saavutetaan betoniin soveltuva rakenne. Sementti reagoi yhdessä veden kanssa ja sitoo runkoaineet yhteen. Kovettumisreaktion seurauksena syntyy luja betonirakenne. (Rudus, betonikoulu, osa 2, 2015.)

Suurin osa betonin tilavuudesta on runkoainesta, joka on tyypillisesti joko moreenia, harjusoraa tai someroa. Runkoaine voi olla myös murskaamalla valmistettua kiviainesta. Kiviaineksen koko voi olla hienoa hiekkaa tai isompia kiviä. Puhutaan raekoosta, joka vaihtelee 0,6 mm muutaman sentin kokoihin kiviin. Runkoaineen laatu ja ominaisuudet vaikuttavat olennaisesti tuoreen betonimassan valettavuuteen ja kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Runkoaineen eli kiviaineen rakeisuus, puhtaus, raemuoto ja tiheys ovat tärkeimmät vaikuttavat tekijät. Betonin lujuus määräytyy käytetyn kiviaineksen sekä sementin yhteisvaikutuksesta. (Rudus, betonikoulu, osa 2, 2015.)

Runkoaineen ja sementin lisäksi betonissa käytyään mineraalisia seosaineita, joilla vaikutetaan betonin ominaisuuksiin ja ympäristöystävällisyyteen. Seosaineet ovat teollisuuden sivutuotteina syntyviä aineita, yleisimpinä käytetään lentotuhkaa, masuunikuonaa ja silikaa. Lentotuhka syntyy kivihiilenpoltosta, masuunikuona raudan valmistuksesta ja silika on piin valmistuksen sivutuote. Lentotuhkalla

ja masuunikuonalla voidaan korvata sementtiä. Silika lisää betonin lujuutta ja parantaa sen tiiviyyttä, vedenpitävyyttä ja kestävyyttä. (Rudus, betonikoulu, osa 2, 2015.)

Lisäaineilla parannetaan betonin teknisiä ominaisuuksia ja taloudellisempaa käytösuhdetta. Niiden osuus massan painosta on pieni vain n. 0,01-3 %. Massan työstettävyys, valutyö, kovettumisaika ja jälkihoidon osuus on kaikki säädettävissä lisäaineilla. Lisäaineilla vaikutetaan myös kovettuneen betonin lujuusominaisuuksiin. (Rudus, betonikoulu, osa 2, 2015.)

1.2 Betonin ympäristöystävällisyys

Betonista tekee ekotehokkaan materiaalin sen lujuus, pitkäikäisyys, turvallisuus ja energiaa säästävyys. Sen käyttöikä voidaan suunnitella ennakkoon. Betonirakenne on pitkäikäinen ja vaatii vain vähän huoltotöitä, se myös massiivisuutensa takia vähentää rakennuksen energiantarvetta. (Betoni, betoni ja kestävä kehitys 2015.)

Suurimman osan ympäristöpäästöistä muodostaa sementin polttamisessa käytettävän energian päästöt, sekä sementin raaka-aineena käytetyn kalkkikiven luovuttama hiilidioksidi. Suomessa valmistusprosessia on kehitetty ympäristöystävällisemmäksi. (Betoni, betoni ja kestävä kehitys 2015.)

1970-luvulla runkoaineena käytettiin pääasiassa luonnonsoraa, nykyään runkoaineen karkeimman osan muodostaa kalliomurske. Hiekka, eli hieno kiviaines, saadaan nykyisiltä soranottoalueilta. (Betoni, betoni ja kestävä kehitys 2015.)

”Maankäytön tavoitteena on käyttää avattujen soranottoalueiden hiekka ja sulkemisen jälkeen maisemoida alueet” (Betoni, betoni ja kestävä kehitys 2015).

Betoni on kierrätettävä materiaali, murskattua betonijätettä käytetään teiden kantavassa kerroksessa ja täyttömaana. Murskatun betonin taipumusta kovettua uudelleen voidaan näissä tavoissa hyödyntää. (Betoni, betoni ja kestävä kehitys, 2015.) ”Betonitehtailla muodostuva betonijäte ja käytetty prosessivesi voidaan

kierrättää takaisin tuotantoon.” (Betoni, betoni ja kestävä kehitys 2015).

”Betonista ei liukene haitallisia aineita. Myös päästöt sisäilmaan on testattu. Päästöarvot täyttävät RTS:n pintamateriaalien päästöluokituksen parhaimman M1- luokan vaatimukset.” (Betoni, betoni ja kestävä kehitys 2015.)

1.3 Oikean betonin valinta

Jotta kovettuneesta betonista tulisi halutun laista, käytetyn betonimassan ominaisuuksiin vaikutetaan. Valutavalla ja valupaikan olosuhteilla on suuri vaikutus kovettuneen betonin ominaisuuksiin. Oikean betonityypin valintaan vaikuttavat valettava rakenne ja sille asetetut tekniset vaatimukset. (Rudus, betonikoulu, osa 3, 2015.)

Betonin valintaan liittyviä osatekijöitä ovat betonilaadun lujuus- ja notkeusluokka sekä maksimiraekoko. Betonilaaduksi valitaan valettavaan rakenteeseen parhaiten soveltuva ja vaatimukset täyttävä betonilaatu. (Rudus, betonikoulu, osa 3, 2015.)

1.3.1 Lujuusluokka

Betonin lujuus valitaan käyttötarkoituksen mukaan ja sitä säädetään betonin koostumuksella, erityisesti vesisementtisuhteella. Lujuusluokaksi valitaan rakenteen kantavuuden edellyttämä lujuusluokka, ellei säilyvyys edellytä korkeampaa lujuusluokkaa. Ulkorakenteissa säilyvyys usein vaatii korkeamman lujuusluokan kuin kantavuus. Säilyvyys määritellään rakenteen käyttöiän ja rasitusluokkien perusteella. Käyttöikä määritellään 50 tai 100 vuoden mukaan taulukkomitoituksella. Laskennallisella mitoituksella 50 - 200 vuoden mukaan. (Rudus, betonikoulu, osa 3, 2015; BY 50, 88-91, 93.)

”Esimerkkejä lujuuksista:

- Pintabetonilattiat, seinät ja pilarit (sisätilat) > K25
- Ulkona olevat rakenteet > K35
- Maanvarainen autotallin laatta > K45.” (Rudus,

betonikoulu, osa 3, 2015.)

1.3.2 Maksimiraekoko

Raekokoa valittaessa huomioidaan betonimassan siirtotapa, valettavan rakenteen mitat ja raudoitustiheys. Maksimiraekooksi valitaan mahdollisimman suuri raekoko, koska raekoon pienentyessä sementtiliiman määrä kasvaa ja se aiheuttaa virumaa, kutistumaa ja halkeilua. Käytetyimmät raekoot ovat 8, 12, 16 ja 32 mm. (Rudus, betonikoulu, osa 3, 2015.)

1.3.3 Notkeus

Betonin notkeus kuvaa massan kykyä mukautua muotin muotoihin niin, että jokainen kohta täyttyy. Massan notkistamiseen käytetään notkistavia lisäaineita. Betonimassan notkeutta määriteltäessä tulee ottaa huomioon massan siirto- ja tiivistystapa, valettavan rakenteen mitat, muotin tiiveys ja kestävyys, raudoitustiheys sekä vallitsevat olosuhteet. Massan notkeudeksi valitaan mahdollisimman jäykkä massa, notkeuden kasvaessa kutistuman, viruman, erottumisriskin ja halkeilun vaara on suurempi. (Rudus, betonikoulu, osa 3, 2015.) Itsetiivistyvän betonin ominaisuudet poikkeavat osin normaalisti tiivistettävän betonin ominaisuuksista. Itsetiivistyvän betonin notkeus määritellään painuma-leviämäkokeen avulla. (BY 50, 247-248.)

“Yleisimmät notkeusluokat:

- Nestemäinen S4: Helposti leviävä ja tiivistyvä betonimassa.
- Vetelä S3: Hyvä valettavuus ja tiivistettävyyys (pienet ja tiheästi raudoitetut rakenteet).
- Notkea S2: Hyvä koossapysyvyys. Leviää hitaasti ja vaatii tiivistykseen tärytystä.
- Jäykkä S1: Jäykkä betonimassa. Vaikea tiivistää sauvatärytyksellä. Betonipinnan hiehto koneellisesti.” (Rudus, betonikoulu, osa 3, 2015.)

1.4 Eri betonityypit

1.4.1 Itsetiivistyvä betoni

Itsetiivistyvä betonimassa tiivistyy oman painonsa avulla ilman täryttämistä. Itsetiivistyviä betoneita voidaan käyttää sekä pysty- että vaakarakenteiden valuun. Massan tärytysvaiheen pois jäänti helpottaa ja nopeuttaa vaikeasti tiivistettävien rakenteiden tekoa. Itsetiivistyvät betonit ovat hyvin valuvia ja leviäviä, erittäin notkeita ja niillä voidaan valaa lujia, tiiviitä ja kestäviä rakenteita. Huokostettuina ne ovat säänkestäviä eli kestävät pakkas- ja suolapakkasrasitusta. Itsetiivistyvät betonit ovat myös vesitiiviitä. (Rudus, itsetiivistyvä betoni 2015.)

Itsetiivistyvällä betonilla saadaan aikaan näyttäviä puhdasvalupintoja, sillä itsetiivistyvällä betonilla muotia vasten valettaessa olevista pinnoista saadaan yleensä tavallista siistimpiä, tiiviimpiä, tasavärisempiä ja huokosettomampia. (Rudus, itsetiivistyvä betoni 2015.)

Tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa:

- vaikeasti valettavat rakenteet, joissa on ahtaat ja monimuotoiset muotit
- tiheästi raudoitetut rakenteet
- arkkitehtoniset puhdasvalupinnat
- pintalattiabetonoinnit. (Rudus, itsetiivistyvä betoni 2015.)

1.4.2 Kuitubetoni

Betoni materiaalina kestää hyvin puristusta, mutta sen vetolujuus on huono. Kuiduilla voidaan vaikuttaa betonin rakenteellisiin ominaisuuksiin, niillä parannetaan betonin kulutuskestävyyttä, palonkesto-ominaisuuksia, koossapysyvyyttä ja vetolujuutta. Käytettävät kuidut ovat yleensä teräskuituja, polypropyleenikuituja tai lasikuituja. (Rudus, betonikoulu, osa 4, 2015.)

Vaikutus riippuu hyvin paljon käytettävästä kuitutyypistä ja sen materiaalista. Muovikuidut ovat tarkoitettu lähinnä rajoittamaan betonin halkeilua, kun taas teräskuitubetoni on rakenteellisesti jopa parempi kuin perinteinen



1. Itsetiivistyvän betonin ja tavallisen betonin pinta ero. Valettu metallimuotilla.

raudoitus. Teräskuitubetonin lujuus on yleensä yli kaksinkertainen verrattuna tavalliseen raudoitukseen. (Rudus, betonikoulu, osa 4, 2015.)

Kantavana rakenteena toimivassa kuitubetonissa käytetään kuituja 80-100 kg betonikuutiossa ja se eroaa merkittävästi tavanomaisesta kuitubetonista, jossa kuitujen määrä on 30-40 kg kuutiossa. Suurten kuitumäärien käyttö on mahdollista vain itsetiivistyvää betonia käytettäessä, koska muuten betoni ei ole työstettävää ja sitä ei voida pumpata normaaliin tapaan. (Rudus, betonikoulu, osa 4, 2015.)

”Erikoislujien betonien (lujuus 150-250 MPa) käyttö lisääntyy koko ajan lähinnä erikoisrakenteissa. Usein näissä rakenteissa käytetään myös teräs-, lasi-, hiili- tai muovikuituja rakenteen vetolujuuden parantamiseksi.” (Betoni, betonin lujuus 2015.)

1.5 Uudet sovellukset ja ratkaisut

1.5.1 LiTraCon

Light Transmitting Concrete, on valoa johtava betoni, jonka keksi Unkarilainen arkkitehti Aron Losonczy vuonna 2001. Sitä myydään tällä hetkellä valmiiksi valettuina harkkoina tai paneeleina, joihin upotetut valokuidut johtavat valoa. Koska kuidut eivät vahvista betonin lujuutta, tuotetta käytetään tällä hetkellä lähinnä koristetarkoitukseen, mutta siitä valmistetaan myös erilaisia rakennesovelluksia. Koska valokuidut johtavat valoa pitkän matkan päästä, voivat LiTraCon seinät tai harkot olla jopa 2 metriä paksuja ja silti johtaa valoa tehokkaasti. Valokuitujen täytyy olla kaikkien yhdensuuntaisia, jotta efekti toimii. Valokuitujen määrä seoksessa on noin 4 %. (Cohen & Moeller 2006, 234-235; Illumin, translucent concrete 2015.)

1.5.2 Ductal

Metallikuiduilla vahvistettu betoni, jossa ei tarvita perinteistä raudoitusta. Ductal sisältää erittäin vahvoja metallikuituja, jotka tekevät materiaalista

kantavan. Materiaalista voidaan luoda erittäin ohuita, näyttäviä rakenteita ja pitkiä jännevälejä. Pinnanlaatu tässä betonissa on paljon sileämpi kuin perinteisissä betoneissa ja muistuttaa muovin tai keramiikan pintaa. (Cohen & Moeller 2006, 226-229; Lafarge, ductal 2015.)

1.5.3 The Pixel Panel

The Pixel Panelin keksi Bill Price Houstonin yliopiston professori. Se on ohut betonipaneeli, jossa on säännönmukainen valokuitu rasteri. Kuidut läpäisevät materiaalin ja johtavat valoa puolelta toiselle. Päivällä sisätilassa näkyy ulkopuolelta tuleva valo valokuitu pisteinä ja illalla, kun tila on valaistu sisäpuolelta, se hohtaa valoa ulkopuolelle. (Cohen & Moeller 2006, 236-237.)

1.5.4 Autoclaved Aerated Concrete, AAC

Yksi betonin huonoista ominaisuuksista on sen paino, joka on noin 2400 kiloa kuutio. Useita kevytbetoni sovelluksia on kehitetty, mutta ne vähentävät painoa vain murto-osan. Huomattava painon kevennys vaatii perusteellisen muutoksen betonin perusseoksessa. Yksi onnistuneimmista innovaatioista on Autoclaved Aerated Concrete (AAC), joka on valmistettu sementistä, kalkista, vedestä ja hienoksi jauhetusta hiekasta tai lentotuhkasta. Alumiinihiutaleita lisätään seokseen ja ne muodostavat ilmakuplia, jotka lisäävät massaa, mutta vähentävät tiheyttä. Kun laajentunut massa kuivuu, se leikataan tai muokataan ja sen jälkeen kovetetaan autoclavessa, joka on kuin eräänlainen painekeitin. Valmis materiaali, joka yleensä on standardoidun rakennuselementin muodossa painaa vain viides osan normaalin betonin painosta. (Cohen & Moeller 2006, 238.)

AAC ei vain ole erittäin kevyttä, vaan sillä on myös erinomaiset lämmöneristysominaisuudet ja se on palamaton materiaali. Se vaatii vain vähän raaka-ainetta, verrattuna lopullisen tuotteen määrään ja on erittäin mittatarkkaa. (Cohen & Moeller 2006, 238.)

1.5.5 Kankaalla vahvistettu betoni

Lancelot Coar, washingtonilainen arkkitehti ja taiteilija, jolla on myös insinöörin koulutus on kehittämässä menetelmää, jossa käytetään kangasta betonirakenteessa, perinteisen raudoituksen sijaan. Siinä käytetään uusia erittäin lujia synteettisiä tekstiilejä. Vapaamuotoisten rakenteiden teko on helpompaa ja kangas painaa huomattavasti vähemmän kuin perinteinen raudoitus ja on helpompaa kuljettaa rakennuspaikalle. (Cohen & Moeller 2006, 242.)

1.5.6 Engineered Cementitious Composite, ECC

Victor Li, Michiganin Yliopiston professori on tutkinut mahdollisia ECC:n sovelluksia. ECC on kuituvahvistettu sementtipohjainen yhdistelmäateriaali. ECC paneeli voi joustaa useita kertoja, ilman että se murtuu ja se palautuu alkuperäiseen muotoonsa. Käytetään siltarakenteissa. (Cohen & Moeller 2006, 239.)

1.6 Betonin pintakäsittelyt

1.6.1 Yleistä

Käsittlemättömän betonipinnan laatuun vaikuttavat monet tekijät, eniten muottipinnan laatu, sideainetyyppi, hienon runkoaineksen väri ja betonin vesisideainesuhde. Mitä vähemmän betonissa on vettä, sitä tummempi betonipinta on, tästä syystä korkealujuusbetoni on tummapintaista. Isossa vesiainesuhteessa betonin pinta on vaaleasävyisempi, mutta huonommin säilyvä. (BY 40 2003, 12.)

1.6.2 Muottimateriaalit

Laadukkaaseen betonipintaan vaikuttaa muotin pintamateriaali (BY 40 2003, 20). Muotin pintamateriaali vaikuttaa betonipinnan huokosten määrään. Kun muotti on imukykyinen, pienenee huokosten määrä ja pintakerros tiivistyy paremmin. (Rakennustieto, RK030401, 2015, 525.) Erilaiset

puulevyt, näistä eniten käytetty vaneri, on yleisin muottipintamateriaali. Pinnoittamattomalla vanerilla valettaessa käytetään aina muotinirrotusainetta. Huokoinen materiaali imee betonista vettä ja vähentää näin huokosten määrää betonissa. Jotkut pinnoittamattomat vanerit voivat imeä vettä liikaa, jolloin betonin pinta ei kovetu kunnolla, vaan jää pölyväväksi. (BY 40 2003, 20-21.)

Pinnoitetuista vanereista käytetään nimitystä filmivaneri tai muottivaneri. Niillä saadaan aikaan hyvä ja tasainen lopputulos.

Pinnoitetuilla vanereilla voidaan valaa betonia ilman muotinirrotusainetta, mutta tämä lyhentää muotin käyttöikää. Pinnoitetulla vanerilla voidaan valaa 2-3 kertaa, jos ei käytetä muotinirrotusainetta. (Rakennustieto, RK030401, 2015, 525-526.)

Sahatavara on betonin perinteinen muottimateriaali, sitä käytettäessä betonin pinta saa ulkonäkönsä sahaustekniikan ja käytetyn puulajin perusteella. Sahaustekniikoita on kehä-, pyörö- ja vannesaha. Edellisiä sileämpi pinta saadaan eritavoin sileäksi tai muotoon höylätystä tai hiekkapuhalletusta sahatavarasta. Lautamuotit täytyy aina kastella hyvin, tämä vähentää betonin tarttumista ja tiivistää muotin. Lautamuotissa olisi myös hyvä käyttää muotinirrotusainetta, jotta pinnan tummuusvaihtelu olisi pienempi. (BY 40 2003, 23.)

Lasikuidun ja muovin käyttö on yleistä erikoismuoteissa ja pilarimuoteissa. Erittäin tiivispintaisina ne vaativat aina betonin huolellisen tärytyksen, jotta ilmakuplat saadaan poistettua. (BY 40 2003, 23.)

Teräsmuoteilla saadaan aikaan yhtenäisiä, sileitä ja suuria betonipintoja. Ne soveltuvat parhaiten toistuvien rakenteiden valuun, koska niitä on vaikea muunnella. Teräsmuottien käyttökertamäärä on suuri ja niillä valettaessa on aina käytettävä muotinirrotusainetta. Teräsmuotit ovat tiivispintaisia, muottia vasten oleva betonipinta voi olla sileä, mutta ohuen pintakerroksen alla voi olla paljon huokosia. Huolellinen tärytys on tarpeen ja valu tulisi tehdä ohuilla valukerroksilla. (Rakennustieto, RK030401, 2015, 525; BY 40 2003, 23.)

Kumi ja elastiset materiaalit soveltuvat hyvin muottimateriaaliksi pienissä, toistuvissa pinnoissa,

koska se on kallis muottimateriaali. Voimakkaat kuviot, pienillä päästökulmilla voidaan toteuttaa vain kumimuotilla, koska muilla materiaaleilla muotin irrotus ei onnistu ilman että betoni vahingoittuu. Muotinirrotusainetta käytettäessä tulee varmistaa, että se soveltuu sekä betonille että muottimateriaalille. (BY 40 2003, 24.)

Muoteissa käytetään myös muottikangasta, jolla saadaan aikaan huokosettomia betonipintoja, koska kangas johtaa pois ilmaa ja jonkin verran vettä. Kangas myös parantaa pinnan tiiveyttä ja säilyvyysomaisuuksia. Muottikankaasta tulee betoniin kangasmainen kuvio ja se saattaa aiheuttaa myös kirjavuutta, joten pinnanlaatu ei vastaa levymuoteilla tehtyä. (BY 40 2003, 23-24.)

Valun jälkeen kalvo poistetaan betonin pinnalta ja pinta painepestään. Kuvio muodostuu puhtasvalupinnasta ja hienopesupinnasta. Pinta voi olla kuvioitu, sileä tai kauttaaltaan pesty. Suunnittelija voi itse suunnitella kuvion, valmiita kuvio vaihtoehtoja on myös olemassa runsaasti. (Graphic Concrete, ohjeet 2015; Graphic Concrete, tuotteet 2015; Rudus, julkisivujen pinta ja värimallit 2015.)

Harjattuja pintoja käytetään yleensä julkisivuissa ja se on hyvin edullinen menetelmä. Sitä käytetään myös estämään pinnan liukkautta. Harjattu pinta määritellään harjausurien syvyyden lisäksi harjausurien yhdensuuntaisuudella ja aaltoilulla. (BY 40 2003, 56-57.)

1.6.3 Tuoreena käsitellyt pinnat

Hierrettyjä pintoja käytetään monissa erilaisissa pinnoissa, lattioista seiniin. Samaa luokitusta käytetään myös telattuihin ja töpötettyihin pintoihin, jotka vastaavat karkeudeltaan lähinnä sienihierrettyä pintaa. Käsitteilytapa valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Hiertämisellä pyritään tasaiseen lopputulokseen, ottaen huomioon käytettävä työkalu. Hierretyt pinnat jaetaan kolmeen luokkaan:

- Sienihierretty, telattu ja töpötetty pinta
- Teräshierretty
- Puuhierretty. (BY 40 2003, 45-46.)

Pesubetonissa pinnan väri aikaansaadaan pääosaltaan kiviaineksella, sen sään- ja värinkesto on tämän takia hyvä. Pinta voidaan pestä kokonaan tai osittain ja eri syvyyksiin, halutun pinnan aikaan saamiseksi. (BY 40 2003, 48-54.)

Graafinen Betoni on pesubetoni, jonka valmistamisessa käytetään erikoiskalvoa, jonka pintaan on on painettu pintahidastinainetta.



2. Pesubetonipinta. Luonnonsora.



3. Harjattu betonipinta.



4. Telattu betonipinta.

1.6.4 Kovettuneena käsitelty pinnat

Hiekkapuhalletut pinnat jaetaan kolmeen ryhmään: matala, keskisyvä ja syvä ja sitä käytetään julkisivu- ja muihin näkyviin jääviin pintoihin. Hiekkapuhalluksen sijaan voidaan myös käyttää muita puhallusmenetelmiä, kuten vesihiekkapuhallusta. Puhallus poistaa etupäässä sementtiä ja kuluttaa kivipinnan sameaksi. Pinnan värin määrää pääosin runkoaine, eli kiviaines. (BY 40 2003, 62-64.)

Hiotut pinnat hiotaan tavallisesti 3-4 mm syvyyteen, jolloin paljastunut hiottu kiviaines muodostaa mosaiikkipintamaisen vaikutelman. Pinnan väri määräytyy pääasiassa kiviaineksesta, sillä sen osuus pinnasta on 70...80%. Hiotut betonipinnat jaetaan kolmeen luokkaan kiillotusasteen mukaan:

- Matta
- Kiiltävä
- Heijastavan kiiltävä. (BY 40 2003, 70-73.)

Kiviaines voi olla joko helposti kiillottuvaa tai kiillottumatonta ja se määrää mihin luokkaan betoni voidaan käsitellä. (BY 40 2003, 70.)

Happopesty eli patinoidut pinnat tehdään kastamalla kovettunut ja vedellä kyllästetty betonipinta happoaltaaseen ja sen jälkeen huuhtelemalla pinta runsaalla vedellä. Happopesun syvyyteen vaikuttavat kiviaines, hapon voimakkuus ja vaikutusaika, tavallisesti se tehdään 0,5 mm syvyyteen. Happopesu paljastaa karkean runkoaineen ja poistaa betonin pinnasta sementtiä ja hienoaainesta. (BY 40 2003, 66-68.)

Hakatut, murretut, lohkotut ja halkaistut betonipinnat jälkikäsitellään joko käsin tai koneellisesti. Käsin hakattu pinta tehdään joko taltalla tai piikillä yhdensuuntaisesti tasaisen karheaksi. Koneellisia käsittelytapoja ovat hakattu pinta, joka vastaa käsin hakattua, mutta jälki on erittäin tasaista ja ristipäähakattu, jossa pinta hakataan ristipäällä tasaisesti hienoksi ja karheaksi. Betonin on oltava niin lujaa, että kivet eivät irtoa,

vaan halkeavat käsiteltäessä. Halkaistupinta tehdään halkaisemalla kovettunut betonilaatta kahteen tai useampaan osaan. Murrettupinta saadaan aikaan niin, että betonin valussa kiinni valetut harjat murretaan pois. (BY 40 2003, 74-76.)

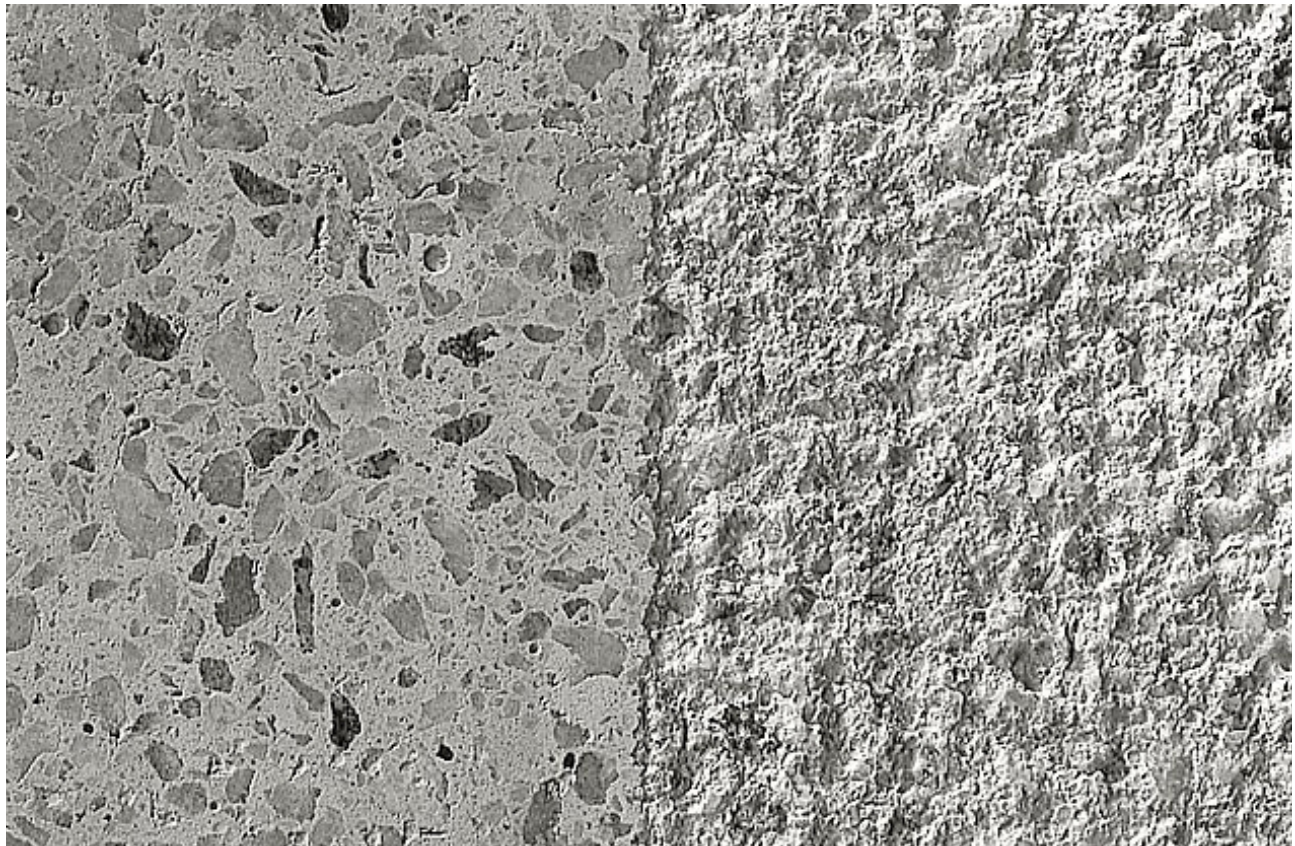
1.6.5 Pintojen ikääntyminen ja huolto

Ulkona olevan betonipinnan ulkonäkö muuttuu lähinnä sateen, pölyn ja sammaloitumisen vaikutuksesta. Huoltotoimenpiteitä voivat olla pintojen puhdistaminen, pinnoittaminen tai uudelleen pinnoittaminen. Pinnan muutos voi tapahtua myös kauniisti patinoitumalla. Lika näkyy erityisesti vaaleilla pinnoilla, kokonaan likaantumista ei voida estää. Pinnan suoja-aineilla ja suunnitteluratkaisuilla voidaan likaantumista tasoittaa. (BY 40 2003, 126, 131.)

Betoni on huokoinen aina, vesi imeytyy betoniin ja betonin pinta silloin tummuu voimakkaasti. Pinnan likaantumista ja tummumista voidaan estää suoja-aineilla, jotka estävät kapillaarisen kulkeutumisen pintakerroksen läpi, ilman että ne muodostavat betonin pinnalle suojaavaa kalvoa. (BY 40 2003, 132-133.)

Alkalihärme on tuoreen betonin pinnalle muodostuvaa valkoista kerrosta, joka muodostuu kun betonissa oleva alkalisuola nousee pinnalle betonin kuivuessa. Se voidaan helposti poistaa painepesulla, mutta myös valmistamalla betoni mahdollisimman vähällä vesimäärällä ja oikealla jälkihoidolla tämä voidaan estää. (BY 40 2003, 131.)

Kalkkihärme on kalsiumkarbonaattia, joka muodostuu kun ilman hiilidioksidi reagoi betonin kalsiumhydroksidin kanssa. Sitä voidaan estää imevällä muottipinnalla, alhaisella vesisementtisuhteella ja oikealla jälkihoidolla. (BY 40 2003, 131.)



5. Osittain hiottu ja hakattu betonipinta.

2. Minimalistinen veistotaide

2.1 Yleistä

Minimalistisessa veistotaiteessa on usein käytetty nykyaikaisia, teollisia materiaaleja. Minimalistit tekivät teokset tyypillisesti hyvin yksinkertaisista geometrisista muodoista, kuutioista ja neliöistä. Useat minimalistiset teokset tutkivat materiaaliensa ominaisuuksia. Minimalistiset taideteokset eivät useinkaan ole pienikokoisia, on myös tyypillistä, että taiteilija vaihtelee muuttaen eli varioi muotoja tai toistaa yhtä muotoa.

1960-luvun minimalistit ihannoivat puhtaiden geometrisien muotojen ja ruudukoiden yhtenäisyyttä, käyttivät teollisia materiaaleja ja poistivat kaikki käsityön jäljet töistään. Heidän teoksensa myös ottivat uudella tavalla huomioon taideteoksen ja sen esittelytilan suhteen. (Phaidon Press Inc 2014, 66-69.)

Taiteen katsojat eivät enää olleet taiteilijan yksilöllisen ja tunteellisen ilmaisun kohteita, vaan pystyivät nyt keskittymään materiaalien ominaisuuksiin, muotojen ja niiden suhteiden yhdessä luomiin kokonaisuuksiin. (Phaidon Press Inc 2014, 66.)

Minimalismi tuli New Yorkin taidepiirien tietoisuuteen vuosien 1963 ja 1965 välillä, Donald Judd'n, Robert Morrisin, Dan Flavinin ja Carl Andren yksityisnäyttelyiden jälkeen. Kysymyksessä ei ollut mikään järjestäytynyt liike tai ryhmä, kriitikot kuvasivat minimalismin nimellä niitä yksinkertaisia geometrisia rakenteita ja teoksia, joita taitelijat tekivät ja esittelivät. (Guggenheim, collections online, 1742, 2015.)

Taiteilijat itse eivät halunneet käyttää minimalismi nimitystä, koska heidän mielestään se viittasi heidän teoksiensa olevan vailla taiteellista sisältöä. Donald Judd käytti teoksista nimitystä "erityisesineet".

2.2 Donald Judd

Donald Judd syntyi 3. kesäkuuta 1928 Missouriissa, Yhdysvalloissa. Hän teki ensimmäisen kolmiulotteisen teoksensa vuonna 1962, sitä ennen hänen taiteensa oli ollut maalaustaidetta.

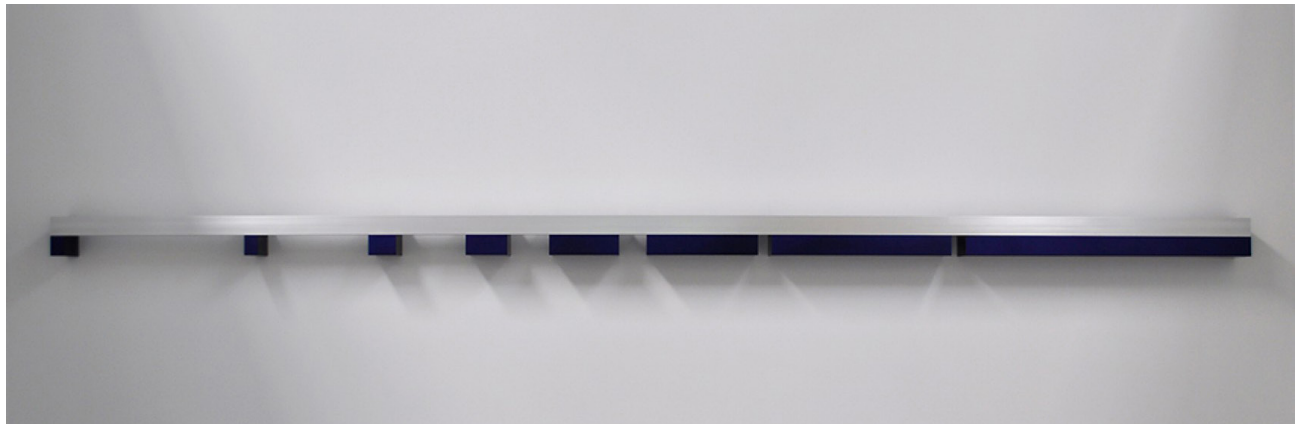
Hän hylkäsi maalaustaiteen, koska huomasi, että todellinen tila on paljon tehokkaampi kuin kaksiulotteinen pinta. Hänen siirtymisensä kolmiulotteiseen ilmaisuun oli samanaikaista hänen sukupolvensa taiteilijoilla, jotka alkoivat olemaan tietoisia fyysisen todellisuuden olennaisesta osuudesta taideteoksessa. Minimalistinen veistotaide muutti teoksen ympäristön, teoksen ja katsojan väliseksi vuorovaikutukseksi. (Guggenheim, collections online, 1741, 2015.)

Judd'n siirtyminen kokonaisuuteen, ennemmin kuin osien sommitteluun, johtui hänen näkemyksestään yksinkertaisten muotojen selkeydestä, joka oli tulos kuvan, värin, muodon ja pinnan yhteensulautumisesta. Hänen ensimmäiset kolmiulotteiset teokset olivat yksinkertaisia vapaasti lattialla seisovia laatikkomaisia kappaleita, jotka oli tehty puusta tai metallista. Yksinkertainen muoto teoksessa Untitled 1968, jossa on hiukan upotettu yläpinta on jo ymmärrettävä kokonaisuutena ja näin välttää sommittelulliset tehokeinot, jotka Judd'n mielestä vähensivät teoksen vaikuttavuutta. Kun hänen tutkimuksensa kolmiulotteisen tilan käytössä muuttuivat monimutkaisemmiksi, hänen vastenmielisyytensä turhiin tehokeinoin näkyi useissa eri tavoissa alistaa teoksen yksilölliset osat kokonaisuuteen. (Guggenheim, collections online, 1741, 2015.)

Metalli sopii paremmin siihen ehdottomaan ja ankaraan ilmaisuun, jota Judd käyttää geometrisissa muodoissaan. Vasta myöhemmin hän siirtyi puun käyttöön, teollisesti valmistetun vanerin muodossa. (Rattemeyer, Museum Wiesbaden 1993, 11.)



6. Donald Judd Untitled 1968, Kupari. 55.9 x 127 x 95.3 cm. Guggenheim Museum, New York.



7. Donald Judd Untitled 1970, kirkas ja violetti anodisoitu alumiini. 21 x 643.9 x 20.3 cm. Guggenheim Museum, New York.



8. Donald Judd Untitled 1969. Kuparia. 457.2 x 101.6 x 78.7 cm. Guggenheim Museum, New York.

Niin kuin suorakulmainen muoto, jolla hän aloitti, Judd'n rivit ja jonot ovat selvästi nähtäviä systeemeitä, jotka toistuvat hänen tuotannossaan. Sen toistuvissa sarjoissa muotoja ja tiloja, vertikaalinen pino teoksessa Untitled 1969 kirjaimellisesti sisältää tyhjän tilan yhtenä teoksen materiaalina, yhdessä korkeasti kiillotetun kuparin kanssa. Ne yhdessä luovat leikin positiivisen ja negatiivisen tilan välillä, joka yhdessä ilmenee kokonaisuutena. (Guggenheim, collections online, 1742, 2015.)

Samoin tavoin teoksessa Untitled 1970 sovelluksessa kahdenkertaisesta Fibonaccin sarjasta sisältää sisäisen logiikan kiinteiden anodisoitujen väri laatikoiden ja tyhjän tilan järjestyksestä ja muuttaa matemaattisen systeemin näin upeaksi reliefiksi. (Guggenheim, collections online, 1742, 2015.)

Pinot ja jonot jotka hän loi, tulivat olemaan hänen tavaramerkkinsä taidehistorioitsijoiden mielestä, on asia, joka jatkuvasti vie pois huomioita niiden rakenteellisista ja materiaalisista arvoista, jotka ovat edellytyksenä niiden ankaraan, selkeään ja yksin kertaiseen muotoon. (Rattemeyer, Museum Wiesbaden 1993, 11.)

Vaikka tilalliset ajatukset olivat ensisijalla Judd'lla, väri ja materiaalit säilyivät keskeisinä tekijöinä hänen tuotannossaan. Ankarat ja jatkuvat tutkimukset tilasta ja muodosta, sisältävät myös hienon ja runsaan määrän teollisia materiaaleja. Ruostumaton teräs, alumiini ja läpikuultava pleksilasi, erilaiset pinnat ja viimeistelyt tuovat ylellisyyttä muuten karuun ilmaisuun. (Guggenheim, collections online, 1742, 2015.)

Teoksien koko ei ole tärkein asia Judd'n taiteessa. Tärkein asia, materiaalien käytön lisäksi on mittakaava ja suhteet, ja nämä asiat ovat myös Judd'n ajatuksissa ja mielipiteissä, hänen taiteensa logiikassa ja myös moraalisessa järjestyksessä. Asiat elämässä ja ihmiskunnassa ovat väärin, kun mittakaava ja suhteet ovat väärin, esimerkiksi kaupallisessa arkkitehtuurissa. (Fuchs, Museum Wiesbaden 1993, 11.)

"Kauneus ja täydellisyys ovat loppujen lopuksi arvokysymyksiä, ei vain taiteessa, mutta myös

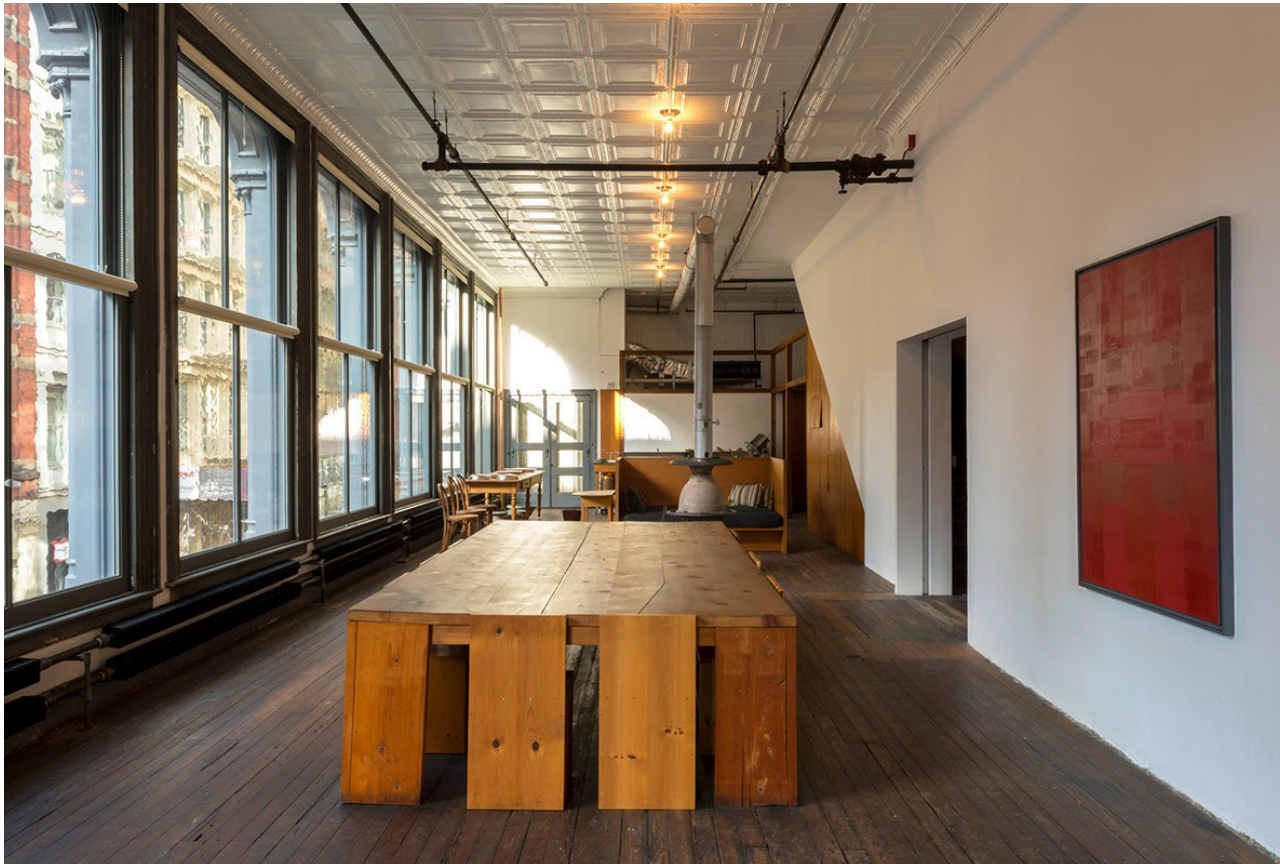
luonnossa ja kulttuurissa yleisesti. Kauneus on erittäin arvokas ja jalo olomuoto. Kauneus on olosuhde, joka tekee taideteoksesta harvinaisen ja erityisen, erottaen sen tavallisista esineistä ja tavaroista." (Judd, Museum Wiesbaden 1993, 83-84.)

2.2.1 Marfa, Texas

Taiteen kunnollinen havainnoniti vaatii aina tilan. Ympäristön laadulla on suuri merkitys siihen, miten teoksia voidaan katsoa ja miten paljon ympäröivä tila vaikuttaa taideteokseen. Täydellisen näyttelytilan löytäminen gallerioista ja museoista on vaikeaa. Näyttelytilan arkkitehtuuri ja muut esillä olevat teokset vaikuttavat toisiinsa. Judd joutui kamppailemaan näiden ongelmien kanssa ja hän myös kritisoi lyhytkestoisia installaatioita. Hänen mielestään tilanne voitiin ratkaista vain jokaisen taiteilijan pysyvillä näyttelyillä, tiloissa jotka soveltuvat juuri kyseiseen näyttelyyn. (Meyer, Museum Wiesbaden 1993, 30-31.)

Judd joka nuorena 1947 päätti, että ei halua opiskella arkkitehdiksi sen kaupallisuuden takia, vaan ryhtyä taiteilijaksi, alkoi arkkitehdiksi, kun hänen taiteellinen uransa jatkui (Rattemeyer, Museum Wiesbaden 1993, 12).

Vuonna 1968 hän osti rakennuksen New Yorkista 101 Spring Streetiltä ja aloitti sen remontoinnin (Judd Foundation, New York, 1993). "Ajattelin, että rakennus tulisi korjata, mutta ei muuttaa. Rakennus on 1800-luvun rakennus. Jokainen kerros oli ollut avoin, koska alkuperäisistä seinistä ei ole merkkejä. Tämä määräsi sen, että jokaisella kerroksella tulisi olla yksi käyttötarkoitus, nukkuminen, syöminen tai työskentely. Annetut olosuhteet olivat todella selkeät, kerroksien pitää olla avointa tilaa, oikea kulma ikkunoihin tulisi säilyttää ja kaikkien muutoksien pitää olla yhteensopivia. Minun vaatimukseni olivat, että rakennuksen pitää olla käytettävissä asumiseen ja työskentelyyn, mutta vielä tarkemmin olla tila, johon voisin asettaa omia ja muiden teoksia. Kaikki alun alkaen on huolellisesti ajateltu olevan pysyvää, ja joitakin harvoja asioita lukuun ottamatta se edelleen on." (Judd, Museum Wiesbaden 1993, 15-16.)



9. Studio of Donald Judd, 101 Spring Street, New York.

1960-luvun lopulla Judd'n tyytymättömyys New Yorkia kohtaan kasvoi. Texas vaikutti olevan sopivin paikka pysyvälle asumisella. Vuonna 1971 hän muutti Marfa nimiseen kaupunkiin Texasissa, josta hän vuokrasi pienen asunnon ja vietti kesän siellä. Judd tarvitsi kalusteet uuteen taloon ja koska mitään sopivaa ei löytynyt hän teki ne itse. Vuonna 1973 hän osti kaupungista kaksi vanhaa lentokonehangaaria ja sijoitti taideteoksia yhteen niistä. (Meyer, Museum Wiesbaden 1993, 31; Judd Foundation, Judd and Marfa 2015; Die Neue Sammlung, press material 2015.)

Paljon isompi rakennuskompleksi kaupungin ulkopuolella on nykyään Chinati Foundationin omaisuutta. Se sisältää kaksi vanhaa tykistöväijä, jotka ovat ideaaliset esimerkit Judd'n tuotannosta vuosilta 1982-1986. Näyttelyt koostuvat sadasta suorakaiteen muotoisesta alumiinisesta laatikosta, jotka ovat järjestetty kolmeen riviin, jaettuna usein erilaisin tavoin ja ovat avoimia joko yhdeltä

tai kahdelta sivulta. Tilat ovat näyte Judd'n metodeista, installaatio ikkunoista ja katon betoni kasetoinnista, jotka luovat valtavan avoimen näyttelytilan jossa sijaitsee 100 alumiiniveistosta. Veistokset ja arkkitehtuuri ovat sulautuneet yhteen harmonisesti. (Meyer, Museum Wiesbaden 1993, 31-35.) Isot ikkunat päästävät valon sisään ja se luo jatkuvasti muuttavan esityksen. Kiiltävät laatikot heijastavat tilan, toisensa, katsojat, ulkopuolella olevan maiseman ja valtavan taivaan. Tällä tavalla yhdistyy taide, arkkitehtuuri ja ympäristö. (Dempsey 2006, 134-135.)

Chinati Foundation omistaa myös paljon maata kaupungin ulkopuolelta, mukaan lukien valtavan maa alan tykistöväijöiden vierestä, jossa sijaitsee 15 isoa betoniveistosta 1980-1984 vuosien ajalta. Ne ovat sijoitettu suoralle pohjois-etelä akselille, yhden kilometrin matkalle. Teos koostuu viidestätoista suorakaiteen mallisesta laatikosta, avoimia yhdeltä tai kahdelta sivulta, sijoitettuna



10. ja 11. Chinati Foundationin pysyvä näyttely Donald Judd'n 100 alumiini teosta kahdessa vanhassa tykistö suojassa.





12. ja 13. Donald Judd 15 betoniveistosta 1980-1984.



joko lähekkäin oleviin riveihin tai kauaksi toisistaan. (Meyer, Museum Wiesbaden 1993, 32; Dempsey 2006, 132-134.) Jokaisessa kappaleessa on sama mitoitus 2.5 x 2.5 x 5 metriä. Betonilaattojen paksuus on 25 cm. (Chinati Foundation, collections. Donald Judd 2015.)

Yhteistä näille kaikille tapauksille on, että arkkitehtuurin vaikutus, kalusteet, elämäntyyli ja taide ovat nivoutuneet yhteen, erityisesti monissa kohteissa, missä tilat työskentelyyn, elämiseen, sosiaalsiin suhteisiin ja taidenäyttelyihin yhdistyvät.

Judd vaati eroa hänen taiteensa ja muotoilunsa välillä, jonka hän piti piilossa yleisöltä useiden vuosien ajan. Vuonna 1993 hän selitti miksi:

"Taiteen määritelmä ja mittakaava ei voi olla suoraan siirrettävä arkkitehtuuriin ja kalusteisiin. Jos huonekalu tai rakennus ei ole funktionaalinen, se on naurettava. Tuolin taide ei ole yhdenkaltainen taiteen kanssa, koska se on osittain sen käytännöllisyyden, järkevyyden ja mittakaavan takia tuoli. Nämä ovat suhteet, jotka ovat selvää käytännöllisyyttä. Taide on osittain jonkun väite omista näkemyksistä, ilman muita huomioon otettavia asioita. Taideteos on olemassa taideteoksena ja tuoli on olemassa tuolina. Tuolin ajatus ei ole tuoli. Tietenkin jos henkilö on yhtä aikaa tekemässä taidetta, arkkitehtuuria ja kalusteita, niissä tulee olemaan samankaltaisuuksia. On johdonmukaista, että muodoissa on useita samoja tekijöitä. Jos pidät

yksinkertaisista muodoista taiteessa, niin tulet tekemään samoin arkkitehtuurissa." (Judd, The MIT Press 2007, 50.)

"Kalusteita ja arkkitehtuuria voidaan lähestyä vain sellaisenaan. Taide ei voi määrätä niitä. Jos niiden luonne on tarkasti mietitty, taidetta esiintyy. Kalusteet muuttuivat hitaasti uudeksi, kun ajattelin niitä realistisesti. Hyvä tuoli on hyvä tuoli. Osat hitaasti muodostivat päämuodot, jotka eivät voineet olla suoraan siirrettäviä taiteestani. Nyt osaan tehdä tuolin ja arkkitehtuuria, jotka ovat minun, ilman että yritän siirtää muotoja suoraan taiteestani." (Judd, The MIT Press 2007, 50.)

"Minulta usein kysytään, voiko kaluste olla taidetta, koska jo kauan sitten joku taiteilija teki taideteoksen, joka oli myös kaluste. Kaluste on kaluste ja taidetta vain samoin tavoin kuin arkkitehtuuri, keramiikka, tekstiili ja monet muut asiat voivat olla taidetta. Me yritämme pitää kalusteet poissa gallerioista, välttääksemme tämän hämmennyksen, sekaannuksen. Se on kuitenkin kaukana tavasta, jolla minä ajattelen." (Judd, The MIT Press 2007, 54.)





14. 15. ja 16. Judd Foundation myy Judd'n suunnittelemaa kalusteita. Puiet kalusteet ovat käsin valmistettuja ja metalliset kalusteet valmistetaan Sveitsissä Lehti AG:ssä.



2.3 Richard Serra

Richard Serra (s. 2. marraskuuta 1939) on yhdysvaltalainen kuvanveistäjä ja videotaiteilija, tyyliltään minimalististi. Hänet tunnetaan erityisesti kookkaista metallilevyistä rakentuvista asetelmista. (Guggenheim, collections online, 1377, 2015.)

Vuoden 1970 vaiheilla Serran taiteellinen tuotanto siirtyi ulkotiloihin. Hänestä tuli suurimittakaavaisen, paikkasidonnaisen veistotaiteen uranuurtaja. Serran teokset haastavat katsojan pohtimaan oman kehonsa suhdetta sisätilaan ja maisemaan. Teokset kannustavat liikkumaan niiden sisällä ja ympärillä. (Guggenheim, collections online, 17145, 2015.)

Richard Serra tunnetaan erityisesti hänen innovatiivisesta työstään, joka painottaa tuotantoprosessin, hänelle tyypillisten materiaalien ja teoksen suhdetta katsojaan ja sijoituspaikkaan. 1960-luvun alussa Serra yhdessä muiden minimalististen taiteilijoiden kanssa alkoi käyttämään epätavanomaisia teollisesti valmistettuja materiaaleja teoksissaan ja painottaa teoksiensa fyysisiä ominaisuuksia. Teokset, jotka eivät enää olleet jalustalla, vaan samassa tilassa katsojan kanssa olivat uudessa vaikutussuhteessa katsojaan, jonka havaintokokemus teoksesta tuli yhdeksi tärkeimmäksi merkitykseksi. Katsojat kannustettiin liikkumaan teoksen ympärillä, joskus niiden päällä ja sisällä. Teoksia ei voi ymmärtää, ilman että niitä kokee fyysisesti. (Guggenheim, collections online, 17145, 2015.)

Hänen teoksensa *Torqued Spiral* näyttävät uhmaavan painovoimaa ja saavat metallin näyttämään yhtä taipuisalta kuin huopa. Vaikka ne painavat melkein 180 tonnia, kolossaaliset työt koetaan niiden negatiivisen tilan kautta. Ne muuttuvat odottamattomalla tavalla, kun katsoja liikkuu niiden sisällä ja ympärillä. Teokset luovat yllättäviä kokemuksia tilasta ja tasapainosta ja synnyttävät huimaavia tunteita metallista ja tilasta liikkeessä. (Guggenheim, collections online, 17145, 2015.)

Serran teokset eivät ole objekteja jotka havaitsemme, vaan sen tilan järjestelyjä, jossa liikumme. Tunteet jotka ne herättävät meissä, eivät synny teosta katsomalla, edes eri perspektiiveistä. Teokset ovat rakennettuja diagrammeja tilallisesta sijoittelusta ja liikkeestä. (Rajchman, The Museum of Modern Art 2007, 61.)

Myöhemmin Serra laajensi hänen tilallista ja ajallista lähestymistapaa taiteeseen ja keskittyi lähinnä isomittakaavaisiin, paikkasidonnaisiin ulkoilma teoksiin. Teokset loivat vuoropuhelun kyseisen sijoituspaikan arkkitehtuuriin, urbaanin ympäristöön tai luonnon maisemaan. (Guggenheim, collections online, 17145, 2015.)

Suurin osa Serran teoksista on tehty metallista, sen eri muodoissa.

”Pidän tilaa materiaalina. Tilan artikulaation tulee olla etusijalla, ennen muita huomioon otettavia näkökohtia. Minä käytän muotoja, jotta tila tulisi koettavaksi.” (Serra, The Museum of Modern Art 2007, 77.)



17. Torqued Spiral (Open Left Closed Right) 2003-2004. Corten teräs.
4.27 x 9.78 x 12.68 M, levyn paksuus 5 cm. Guggenheim Museum, Bilbao.



18. Torqued Spiral (Right Left) 2003-2004. Corten teräs.
4.27 x 14.11 x 13.09 M, levyn paksuus 5 cm. Guggenheim Museum, Bilbao.



19. ja 20. Installation view, Richard Serra: Equal. David Zwirner, New York 2015.



3. Crossover Art

3.1 Peter Eisenman - Arkkitehti - Field of Stelae

Stelae- pystyelementti on kivi- tai puulaatta tai pilari, jota tyypillisesti on käytetty mainostamiseen tai reliefi taiteeseen, usein myös hautakivenä. Se on yleensä korkeampi kuin leveä, nostettuna pystyyn kuten monumentti. Stelae voi olla käytetty valtiollisiin tarkoituksiin, alueiden, maanomistajan tai rajan merkitsemiseen. Usein niissä on tekstiä tai koristelua. Ornamentiikka voi olla kaiverrettua, veistetty reliefi tai maalattuna laattaan

Peter Eisenman syntyi 1932 Newarkissa, New Jerseyssä. Hän opiskeli arkkitehtuuria useissa eri yliopistossa. Hän teki vuonna 1963 tohtorin väitöskirjan teesinään suunnittelun teoria, Cambridgen yliopistossa. (Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

Hän on aktiivinen nykypäivän arkkitehtuurissa vaikuttavien julkaisusarjojensa, kansainvälisen akateemisen toiminnan, sekä lukuisten luentojensa ja kunniapalkintojensa ansiosta. Julkaisuisaan Eisenman käsittelee toistuvasti nykyprojektien historiallista sisältöä. Hänen toistuva teemansa on arkkitehtuurista muistina, olettaen paikkakohtaisesta tai tekstuaalisesta arkkitehtuurista, mikä antaa katsojalle ainutlaatuisen kokemuksen tilasta ja ajasta, kokemuksen, jota on vaikea riittävästi määritellä. (Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

3.1.1 Eisenman – Muistomerkistä

Arkkitehtuuri on monumentteja ja hautoja, sanoi wieniläinen arkkitehti Adolf Loos 1900-luvun vaihteessa. Tällä hän tarkoitti, että yksittäisen ihmiselämän muistoa pystyttiin kunnioittamaan kivellä, laattalla, ristillä tai tähdellä. Tämän ajatuksen yksinkertaisuus loppui Holokaustiin ja Hiroshiman joukkotuhon mekanismeihin. Tänäpäin ihminen ei voi enää kuolla yksilöllistä kuolemaa ja arkkitehtuuri ei enää voi muistaa elämää, niin kuin se joskus oli. (Eisenman, Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

Merkit, jotka aikaisemmin olivat symboleita yksilölliselle elämälle ja kuolemalle, täytyy muuttaa, on syvempi ajatus tässä muistomerkissä ja monumentissa. Holokaustin massiivisuus ja kauheus ovat sellaisia, että mikään tavanomainen yritys esittää sitä perinteisillä keinoilla on täysin turhaa. Holokaustin muisto ei koskaan saa muuttua nostalgiaksi. (Eisenman, Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

Projekti näyttää luontaisen epävakauden kaikissa systeemeissä, tässä tapauksessa säännöllisellä ruudukolla ja kuvastaa sen mahdollista liukenemista aikaan. (Eisenman, Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

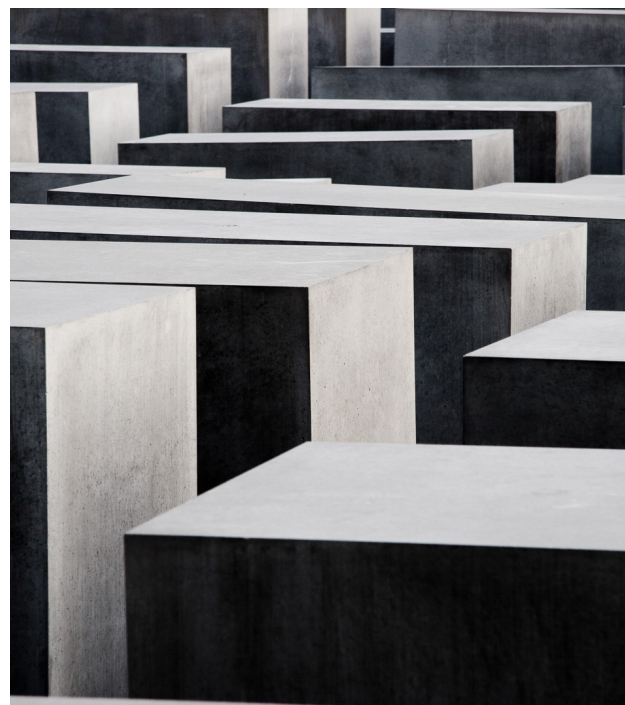
Teoksen perusajatus on se, kun järkeväksi ja määrättyksi luultu järjestelmä kasvaa liian isoksi, se menttää kosketuksensa ihmisjärkeen. Sen jälkeen se alkaa näyttää sisäiset häiriöt ja kaaoksen kaikissa järjestelmissä, jotka näyttävät järjestykseltä. Kaikki suljetut systeemit, suljetulla järjestyksellä ovat tuomittu epäonnistumaan. (Eisenman, Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

Etsiessään luontaista epävakautta näennäisesti vakaalta vaikuttavassa systeemissä teos muodostuu jäykästä 2700 betonipilarin tai stelaen verkosta, joista jokainen on 95 cm leveä ja 2.370 metriä pitkä. Korkeudet vaihtelevat nolasta 4 metriin. Pilarit ovat sijoitettu 95 cm välein toisistaan, jotta kerrallaan vain yhden henkilön kulku läpi ruudukon onnistuu. (Eisenman, Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe 2015.)

Teos on ahdistava ja järkyttävä, mutta silti mielestäni kaunis. Muistomerkissä betoni on kaunis, pelkistetty ja vaikuttava materiaali. Teoksessa nähdään, miten yhden yksinkertaisen kappaleen toistolla luodaan upea kokonaisuus. Myös se, miten paljon ihmisiin vaikuttaa mittakaava. Tässä teoksessa pelkästään korkeusvaihtelulla ja ahtailla kulkuväylillä on luotu ahdistava tunnelma. Yksinkertainen iso kappale tuntuu ihmisistä uhkaavalta, jos siinä ei ole ihmisen mittakaavaan yhdistyviä asioita tai yksityiskohtia.



21. 22. ja 23. Peter Eisenman, Field of Stelae. The Memorial to the Murdered Jews of Europe. Berliini 2004.





24. 25. ja 26. Sami Rintala. Luoto.



3.2 Sami Rintala

Sami Rintala (s. 1969) on suomalainen arkkitehti ja taiteilija. Valmistuttuaan arkkitehdiksi vuonna 1999 Rintalalla oli yhdessä Marco Casagranden kanssa Arkkitehtitoimisto Casagrande & Rintala. Työparina he toteuttivat teoksia mm. Venetsian Biennaaliin 2000 ja Montrealin biennaaliin 2002. (Rintala Eggertson Architects, profiles 2015.

”Rintalan ja Casagranden cross-over – töissä arkkitehtuuri yhdistyi yhteiskuntakriittiseen otteeseen, ilmaisuvälineinä tila, valo, erilaiset materiaalit ja ihmisvartalo.” (Rintala Eggertson Architects, profiles 2015.

Tällä hetkellä Rintala työskentelee islantilaisen Dagut Eggertsonin kanssa perustamassaan toimistossa, Rintala Eggertson Architects. Yhtiö toimii Oslossa ja Pohjois-Norjan Bodø:ssa. Tärkeän osan hänen työstään muodostaa tätä nykyä opettaminen ja luennointi eri maiden taidekorkeakouluissa ja arkkitehtuurin osastoilla. Opetuksen muodostavat yleensä workshopit, joissa opiskelijoiden tehtävänä on ympäristön muovaaminen erilaisissa tiloissa ja tilanteissa. (Rintala Eggertson Architects, profiles 2015.)

”Rintalan narratiivisen ja käsitetaiteellisen opetuksen tuloksena syntyy monikerroksisia tulkintoja tilojen eri ulottuvuuksista.” (Rintala Eggertson Architects, profiles 2015.

3.2.1 Luoto

Luoto perustuu ideaan kasvavasta laatikosta, se on kokeilu siirrettävästä sisä- ja ulkotilan kommunikoinnista. (Rintala Eggertson Architects, luoto 2015.) ”Yksityisestä ja julkisesta, keskuksesta ja ympäristöstä, dynaamisuudesta ja hiljaisuudesta” (Rintala Eggertson Architects, luoto 2015).

Luoto on objekti, jota ei voi määritellä tietyn tyyppiseksi. Se on joko avoin tai suljettu, sisäpinta on puuta ja ulkopinta metallia. Luoto muuntuu liikuteltavaksi pöydäksi ja kehittyy monitoiminnalliseksi rakenteeksi, jossa voi tehdä erilaisia asioita. Opiskella, levätä ja rentoutua kahdessa eri tasossa. (Rintala Eggertson Architects, luoto 2015.)

3.2.2 The Element House

The Element House on rakennettu ohikulkijoille, jotka haluavat pysähtyä, levätä ja muodostaa oman käsityksensä pelkistetystä tilasta, joka on tehty materiasta ja valosta. Projektissa on luotu sisäinen maailma, missä muistot ja unet voivat löytää ajan ja paikan. Rakennus sijaitsee jokilaaksossa ja merkitsee Soulin metropolialueen ja metsäpuiston rajaa. Se on avoin tila Anyang Resortin käyttäjille. (Rintala Eggertson Architects, element house 2015.)

Rakennus on yhdistelmä talon perusmuodosta, liikkeestä tilassa ja neljästä perus elementistä kolmiulotteisissa kollaasissa. Isompi päätila on kuution mallinen tila, joka on tehty teräksestä. Se johtaa neljään pienempään huoneeseen, jotka kaikki sijaitsevat eri kerroksissa, kellarista ullakolle. Jokaisessa pienessä tilassa on mahdollisuus käyttää yhtä peruselementeistä, tulta, vettä, ilmaa tai maata. Rakennuksen päämateriaalit corten teräs ja puu on valittu toistamaan ympäröivän luonnon värejä. (Rintala Eggertson Architects, element house 2015.)



27. ja 28. Sami Rintala. The Element House.



4. Betonikalusteet maisema- arkkitehtuurissa

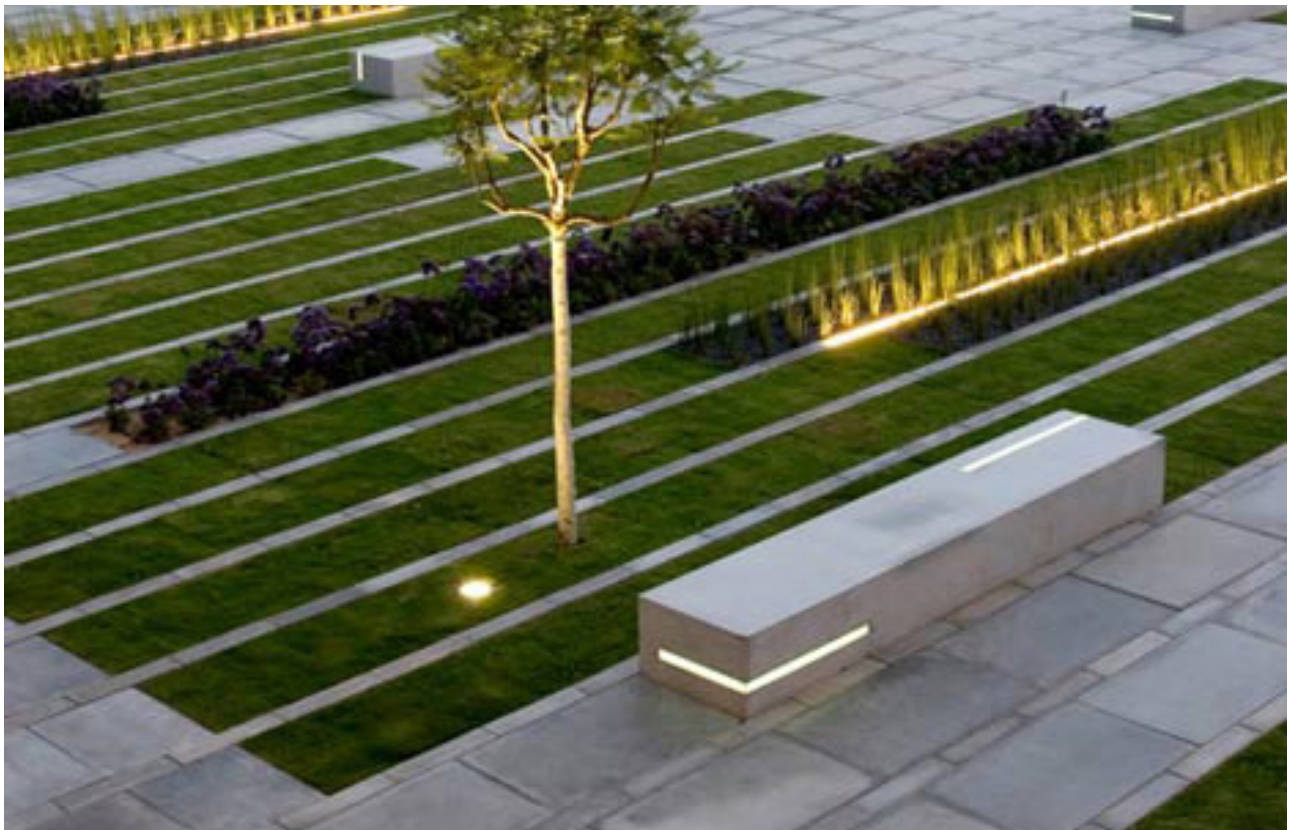
4.1 Yleistä

Betoni ulkotilojen istuimissa on yleisesti totuttu näkemään massiivisina kappaleina tai valettuina orgaanisina muotoina. Esimerkiksi Helsingin kaupunki käyttää sitä vain istutusastioissa. (Helsingin kaupunki, kaupunkikalusteohje. Rakennusvirasto 2015, 14.) Usein betonia onkin maisema-arkkitehtuurissa käytetty sovelluksissa, joihin liittyy muuta puiston rakenteellisuutta, esimerkiksi kasvillisuuden kasvatusastioita tai valaisimia. Niihin voi myös liittyä istuimet.

Helsingin kaupungin julkisten ulkotilojen kausteet ovat pääosin puuta ja metallia. Istuimet ovat tavanomaisia muotoilultaan ja ei ole huomioitu muita tapoja luoda julkista ulkotilaa, kuin perinteinen kalustaminen. (Helsingin kaupunki, kaupunkikalusteohje. Rakennusvirasto 2015, 14.)

Mielestäni betoni soveltuu julkisen ulkotilan kalusteen materiaaliksi paremmin, kuin puu tai metalli, jotka eivät ominaisuuksistaan tai säänkestoltaan ole lähellekkään niin kestäviä kuin betoni.

Betonia on alettu käyttämään kalusteissa enemmän kuin aikaisemmin, koska on kehitetty uusia betonilaatuja, joilla voidaan tehdä ohuita ja silti kestäviä rakenteita. Kuitubetonista esimerkiksi



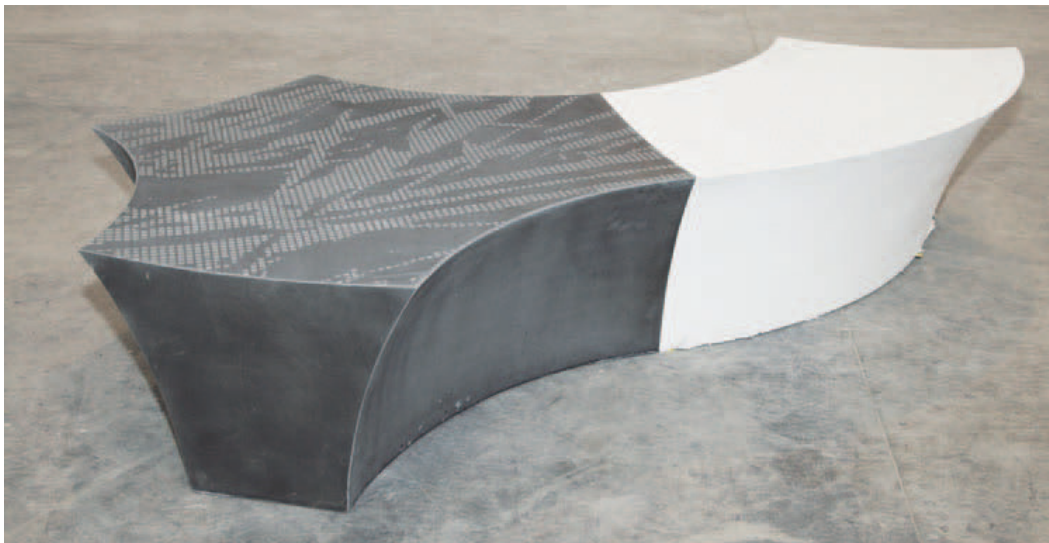
29. BGU University Entrance Square & Art Gallery. Chyutin Architects. Israel 2006.

juuri Ductalista on valmistettu kalusteita. Betonia käytettäessä usein ongelma on materiaalin suuri ominaispaino ja kalusteissa se voi olla ongelma. Ulkotilojen kalusteissa se on kuitenkin hyvä asia, koska kalusteiden pitää olla sellaisia, että niitä ei

voi siirtää. Ulkokäytössä perinteisesti raudoitettu betoni ei voi olla kovinkaan ohutta, koska muuten sisällä oleva rakenne ruostuu, joten kalusteet ovat painavia.



30. Concrete-urban-design. Boomer.



31. Meteor Grafic- betoninen penkkijärjestelmä. Samuli Naamanka 2013. Ductal

4.2 High Line

High Line rakennettiin vuosina 1929-1934, se on katutasosta ylös nostettu metallirunkoinen siltarakennelma, jota pitkin tavarajunat kulkivat, jotta katutason liikenne rauhoittuisi. Rautatie toiminta oli aktiivista vuodesta 1934 vuoteen 1960. Viimeinen juna kulki rautatietä pitkin High Linella vuonna 1980. Sen jälkeen se rapistui, luonto ja kasvillisuus valtasi sen. (Designing the High Line 2008, 16, 20-26.)

Vuonna 1999 päätettiin, että High Line purettaisiin. Halusimme pelastaa High Linen ja tehdä jotain harvinaista ja hienoa New York Citylle. Kuten useat muut, olimme rakastuneet High Linen monumentaaliseen rakennelmaan ja villiin luontoon, joka oli vallannut sen. Toivoimme, että voisimme säilyttää tämän villisti kasvaneen kasvien

runsauden, josta oli tullut High Linen tunnusmerkki. (Cavid & Hammond, Designing the High Line 2008, 7.)

Vuonna 2004 Field Operations and Diller Scofidio + Renfro kilpailuehdotuksessaan esittivät suunnitelman, joka säilyttäisi villiintyneen luonnon tunnun ja High Linen alkuperäisen maiseman ja silti se teki High Linesta helposti lähestyttävän ja antoi sille tulevaisuuden. (Cavid & Hammond, Designing the High Line 2008, 7.)

Esteettisestä ja suunnittelullisesta näkökulmasta, meidän pyrkimyksemme on aina ollut kunnioittaa High Linen luonnetta kokonaisuudessaan. Sen yksinkertaisuutta, lineaarisuutta ja villiintyneen kasvillisuuden laatua. Eri kasvityypit sekoitettuna sen täyttemaahan, teräsraiteet, kaiteet ja betoni. (Corner, Designing the High Line 2008, 30.)



32. Visualisointi. High Line, New York.



33. ja 34. Betonilaatoitus ja siitä ylösnousevat penkit. High Line, New York.



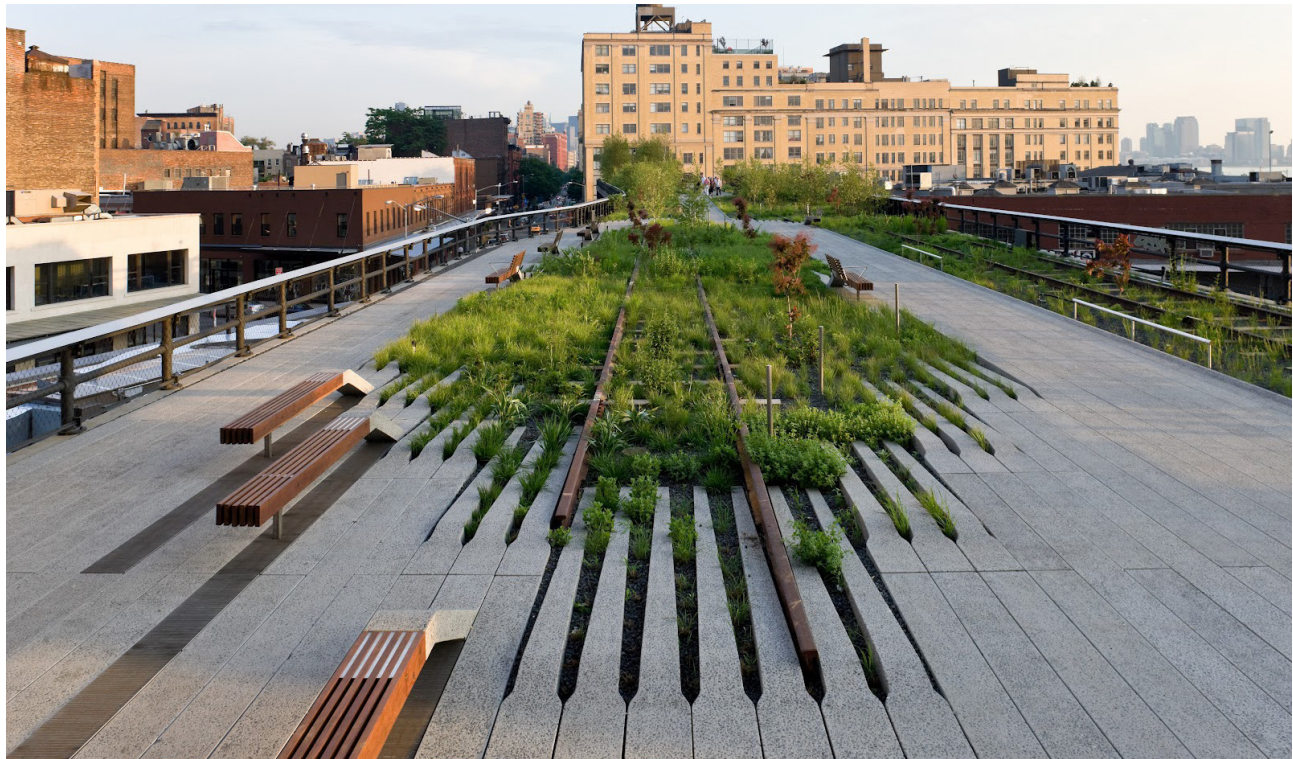
Meidän ratkaisumme oli päälinjoiltaan kolmiosainen: Uuden päällyste laattatyypin keksiminen. Lineaarinen betonilaatta, avoimilla saumoilla, erityisellä tavalla ohennetuilla reunoilla ja saumoilla, joka mahdollistaa veden poistumisen ja kasvillisuuden kasvamisen sen raoista. Toinen strategia oli luoda rauhallinen tunnelma. Paikka, jossa aika ei tunnu raskaalta. Pitkät portaat, mutkittelevat polut, piilotetut syvennykset istuimilla, kutsuvat levähtämään ja rauhoittumaan. Kolmas ajatus oli huolellinen mittakaavan ja mitoituksen miettiminen. Välttää tapa tehdä suurta ja näkyvää. Etsiä hienovaraisempaa mittaperustetta High Linen mitoituksessa. (Corner, Designing the High Line 2008, 30.)

Tavalla, joka yhdistää orgaanisen kasvillisuuden ja rakennusmateriaalit kasvilliseksi ja mineraaliseksi

yhdistelmäksi, puisto yhdistää villin, hienostuneen, intiimin ja sosiaalisen. Tämä lineaarinen kokonaisuus säilyttää High Linen erityisen luonteen. Tämän raunion melankolisesta ja kurittomasta kauneudesta inspiroituneena, uusi puisto tulee olemaan paikka vapaa-ajalle. Paikka missä luonto on ottanut osansa urbaanista ympäristöstä. (Scofodio, Designing The High Line 2008, 31.)

High Linen istuimet, olennainen osa puistoa, nousevat betonilankuista ja tulevat näin osaksi High Linen kokonaissuunnitelmaa. (Designing the High Line 2008, 86, 124.)

35. Kasvillisuus kasvaa betonilaattojen välistä. High Line, New York.



4.3 Pont du Gard, Nimes, Maarten Van Severen

Pont du Gard on Roomalaisten rakentama 50 kilometriä pitkä akvedukti, se rakennettiin 1. vuosisadalla jKr. Pont du Gard lisättiin Maailman perintölistalle vuonna 1985, jonka jälkeen kävijämäärän odotettiin nousevan rajusti. Vuoteen 2000 asti Pont du Gardissa ei ollut minkäänlaista infrastruktuuria. Vuosina 1996-2000 toteutettiin laaja maisema-arkkitehtuuri suunnitelma monumentin ympäristössä. Tavoitteena oli suojella ympäristöä, jatkossa tarjota vierailijoille laadukas ympäristö ja kulttuurinen kokemus. (Pont du Gard's second life 2015.)

Vanha tie peruskorjattiin ja se yhdistää nyt koko Pont du Gardin ympäristön. Kuuluisia suunnittelijoita kutsuttiin suunnittelemaan ulkoilmakalusteet. (Presentation works Pont du Gard 2015.)

Maarten Van Severen, belgialainen suunnittelija on suunnitellut alueelle betonikalusteet, jotka yhdistyvät osaksi ympäristösuunnitelmaa. Osa istuimista ovat pelkistettyjä penkkejä, järjestettyinä riviin rajaamaan tien ja puistoalueen. Osa kalusteista on suurikokoisia betoni laattoja, joissa mahtuu istumaan isommassakin ryhmässä. (The Maarten Van Severen Foundation, Pont Du Gard 2015.)



36. Pont du Gard, Maarten Van Severen 2000.



37. Pont du Gard, Maarten Van Severen 2000.



5. Suunnitteluosuus

5.1 Suunnittelun elementit

Taiteen ja designin välisestä erosta on paljon kirjoitettu ja puhuttu. On mielipiteitä puolesta ja vastaan. Usein myös kyseenalaistetaan koko kysymys, miksi designin pitäisi olla taidetta. Yleisesti ajatellaan, että esine ei voi olla taidetta, jos se on teollisesti sarjavalmistettu. Käsien valmistus ja yksittäisen originaalin yhden kappaleen valmistus on yleensä laskettu arvoksi, joka muuttaa esineen tavallisesta taideteokseksi. Kuitenkin esimerkiksi juuri minimalistisessa veistotaiteessa, teoksen osat voivat olla teollisesti valmistettuja valmiita kappaleita, jotka asettelulla tai muilla keinoilla muutetaan taideteokseksi.

Edellä läpikäymäni esimerkit ovat hyvä osoitus siitä, että on taiteilijoita jotka haluavat tehdä kalusteita ja tilasuunnittelua. Arkkitehteja, jotka tekevät minimalistista veistotaidetta. Arkkitehteja, jotka suunnittelevat rakennuksia ja kalusteita, jotka pohjautuvat kerronnalliseen ja taiteelliseen ilmaisuun. Minimalistisia taiteilijoita, jotka tekevät tilallisia teoksia.

Judd'n mielestä kaluste tai arkkitehtuuri, joka ei ole toimivaa on naurettavaa. Muotoilussa täytyy aina ottaa huomioon esineen käyttö. Taide taas voi olla ihan mitä vaan, yhden tai useamman ihmisen ilmaisu ajatuksista ja taiteellisista lähtökohdista.

Mielestäni kalusteen voi suunnitella taiteellisista lähtökohdista, se lisää sen arvoa, vaikka se olisikin sarjavalmistettu teollinen tuote. Arvolla en tarkoita tuotteen rahallista arvoa, vaan sisällöllistä, käytöllistä ja ulkonäöllistä arvoa. Suunnittelijan oman taiteellisen ilmaisun antamat lisäarvot esineelle eivät voi olla kokonaan pois suljettuja.

"Kauneus ja täydellisyys ovat loppujen lopuksi arvokysymyksiä, ei vain taiteessa, mutta myös luonnossa ja kulttuurissa yleisesti. Kauneus on erittäin arvokas ja jalo olomuoto. Kauneus on olosuhde, joka tekee taideteoksesta harvinaisen ja erityisen, erottaen sen tavallisista esineistä ja tavaroista." (Judd, Museum Wiesbaden 1993, 83-84.)

On taas aina suunnittelijan tai taiteilijan itse päätettävissä, mitä kauneus tai taide hänelle on ja miten hän haluaa sen ilmaista. Minulle ne ovat tarkkaan mietityt mittasuhteet, joista muodostuu harmoninen kokonaisuus, materiaaliset arvot, ilmaisun puhtaus ja yksinkertaisuus. Tässä tapauksessa betoni materiaalina on yksinkertainen ja selkeä materiaali, joka usein nähdään halpana ja tylsänä. Johtuen siitä, että sitä käytetään useimmiten rakenteissa ja muussa perusrakentamisessa. Mielestäni se juuri on yksi sen kiinnostavimmista ominaisuuksista, miten halpa ja arkipäiväinen voidaan saada näyttämään hienolta. Tämä ei välttämättä vaadi hienoa pintakäsittelyä, vaan kappale on kaunis, koska se on mittasuhteiltaan harmoninen, yksinkertainen ja pelkistetty.

Designistä ei usein puhuta niin suurilla termeillä kun taiteesta, kukaan ei halua myöntää eroa, mutta se on silti olemassa. Ei ole väliä, vaikka design nykyään on paljon isommassa roolissa kulttuurissa, kuin koskaan aikaisemmin ja siitä on tullut paljon tärkeämpää toimintaa kuin ennen. Vanhat ajattelu mallit ovat edelleen olemassa. Suunnittelijat harvoin saavuttavat samaa taloudellista menestystä ja suurta mainetta, kuin menestyneimmät taiteilijat. (Poynor, The MIT Press 2007, 94.)

Silti kysymys taiteen ja designin suhteesta, niiden samankaltaisuudesta, eroista ja tavoista joilla ne voivat yhdistyä, ei suostu häviämään. Jotkut taiteilijat ovat kiinnostuneet designin roolista nykypäivän yhteiskunnassa ja kaupankäynnissä. Jotkut suunnittelijat haluavat käyttää tuotteitaan oman persoonallisen ilmaisun välineinä ja painottavat arvoja, jotka yleensä nähdään taiteen alueena. Barbara Bloemink, Cooper Hewitt, National Design Museum, New York: "Taiteen ja designin eroja on todennäköisesti tulevaisuudessa yhä vaikeampaa määritellä" (Poynor, The MIT Press 2007, 94).

Hella Jongerius on suunnittelija, joka jatkuvasti töissään kyseenalaistaa taiteen ja muotoilun eroja. Kun haastattelija kysyi häneltä, onko hän väärässä ammatissa ja pitäisikö suunnittelijoiden jättää toinen osa tarinasta taiteelle. Hän vastaa; "Käytettävillä tavaroilla on myös niiden oma



38. Hella Jongerius. Table Niebla.



39. Dunne & Raby. Technological Dreams Series: No.1, Robots, 2000.

tarina. Ja silti, onko sillä niin paljon väliä? Kuka välittää siitä, onko se taidetta vai designia?” (Poynor, The MIT Press 2007, 94.) Kysymykseen, kadehtiiko hän taiteilijoiden vapautta, hän vastaa: ”Joskus. Minua rasittaa, koska olen pääasiassa kiinnostunut sisällöstä, mutta minun täytyy pysyä käytännöllisyyden rajoissa.” (Schouwenberg, The MIT Press 2007, 90.)

On yleistä väittää, jos suunnittelija eksyy liian lähelle taiteen rajaa, että hänen designinsa ei enää ole muotoilua, vaan taidetta. Suunnittelijat itse ovat usein ensimmäisenä arvostelemassa niitä, jotka uskaltavat ylittää rajan. Jotkut osoittavat syvää vastenmielisyyttä tarpeetonta itseilmaisua kohtaan, vaikka tuote täyttäisi hyvin sille asetetut funktionaaliset vaatimukset. (Poynor, The MIT Press 2007, 97.)

Donald Judd'n suunnittelemissa kalusteita kritisoidaan usein sen takia, koska ajatellaan, että tuolit eivät ole istuttavia tai mukavia, koska ovat niin suorakulmaisia.

Hänen mielestään kuitenkin suorakulmaiset muodot toimivat hyvin kalusteissa: ”Minulle usein sanotaan, että kalusteeni eivät ole mukavia ja sen takia myöskään funktionaalisia, mutta ne ovat sitä minulle. Sen sijaan että tekisi tuolin, jossa voi nukkua, on parempi tehdä sänky. Suora tuoli on paras syömiseen tai kirjoittamiseen. Kolmas asento on seisominen.” (Judd, The MIT Press 2007, 54.)

Dunne & Raby ovat hyvä esimerkki siitä, että meidän tulisi lähestyä taiteen ja designin suhdetta paljon avoimemmin ja joustavammin. He ovat suunnittelijoita, jotka eivät halua, että heidän designinsa nähdään taiteena. He ymmärtävät, että designin kontekstissa, suunnittelijoiksi määriteltyinä, heidän teoreettinen ja arvaileva tutkimuksensa on paljon vaikuttavampaa. Jos heidän projektinsa määriteltäisiin taiteeksi ja esiteltäisiin vain gallerioissa, heidän työnsä tulisi olemaan jonkinlaista taiteellista fantasiaa ja se jäisi huomioimatta yrityksiltä, instituutioilta ja poliittisilta päättäjiltä, joihin he eniten haluavat vaikuttaa. (Poynor, The MIT Press 2007, 97.)

Design voi nykypäivänä olla melkein mitä vaan. Määritelmän muotoilu alle voidaan sisällyttää

niin monia asioita. Muotoilun opinnoissa Aalto-yliopistossa se voi olla niin monta eri asiaa, riippuen koulutusohjelmasta. Pelkästään jo kalustesuunnittelun koulutusohjelman sisällä voi valita mitä asioita koulutuksessaan haluaa painottaa; taiteellisia, tuotannollisia vai ympäristöllisiä asioita, vai näitä kaikkia.

Usein tuntuu siltä, että on valittava kaupallisen tuotteen ja taiteellisen tuotteen välillä. Itse en halua nähdä asiaa niin, josta johtuu myös tämän lopputyön aiheen valinta. Asiat jotka minua kiinnostavat on miten taiteen voi yhdistää osaksi suunnittelua. On jatkuvaa arvojen hakua, mitä se tarkoittaa. Mitä taide on, tai voiko omia töitään sanoa taiteeksi ja mistä lähtökohdista niitä lähtee suunnittelemaan.

5.2 Taiteelliset lähtökohdat

Penkin ei tarvitse olla vain istuin, vaan se voi olla jotain paljon enemmänkin. Veistos, kokemus, tila ja suoja, paikka jossa on hyvä olla.

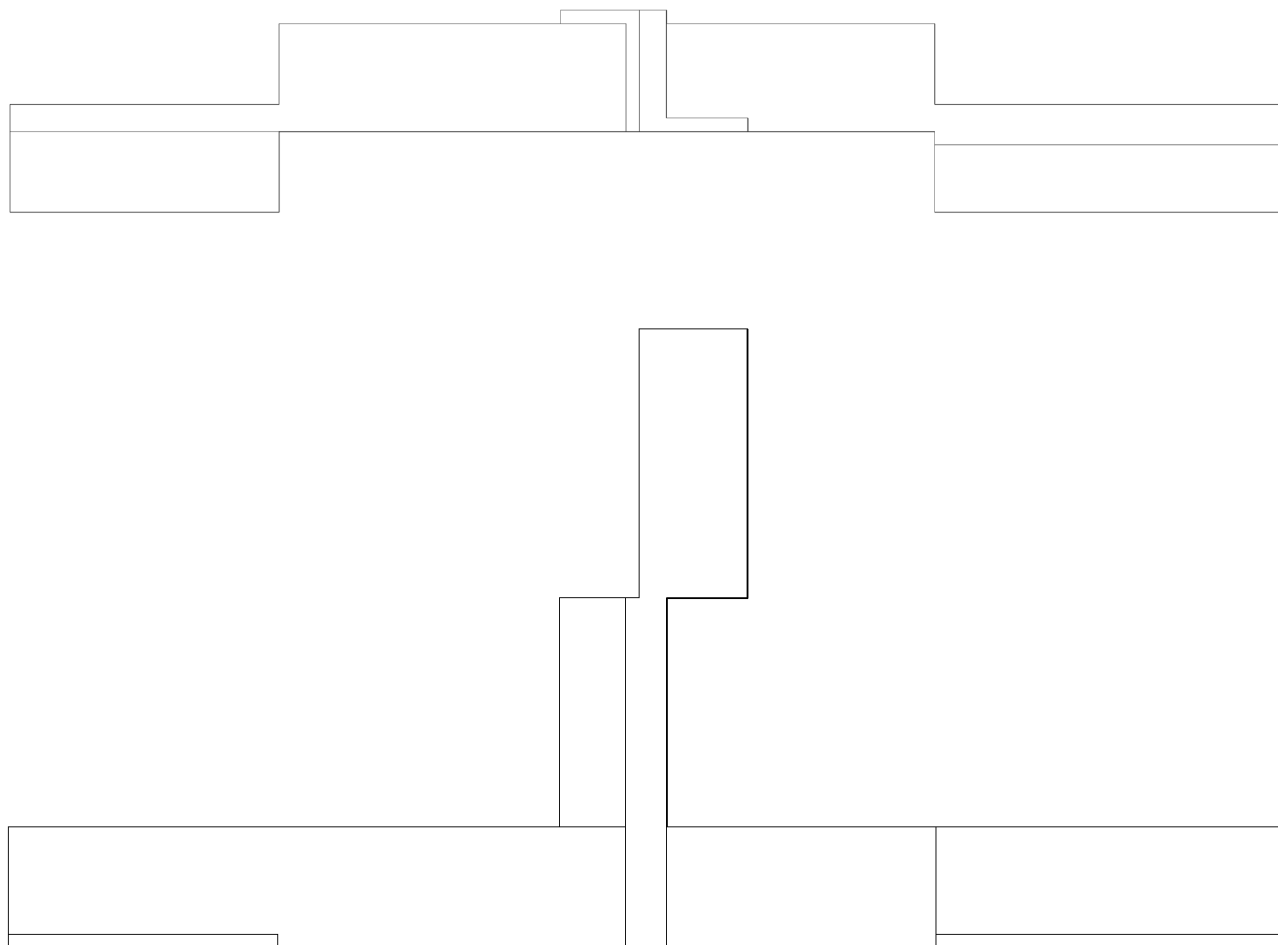
Minimalismi on 1960-luvun taidetta, josta pidän ja joka on minun mielestäni kaunista, koska se on vaikuttavaa ja visuaalisesti näyttävää, ilman turhia tehokeinoja. Donald Judd'n taiteessa olennaista on yhden kappaleen suhteiden ja sen toiston luoma kokonaisuus.

Lähtökohtana tässä suunnitelmassa on kokonaisuus, jota voidaan muunnella ja jatkaa, silti se on yhtenäinen ja hallittu mittakaavaltaan ja ulkonäöltään. Yksinkertainen ja pelkistetty muoto, jota toistamalla saadaan aikaan hienostunut ja pelkistetty tunnelma. Mitoitus ja kappaleen osien suhteet, jotka toimivat harmonisesti yksin tai useamman kappaleen ryhmässä. Toistamalla yhtä kappaletta luodaan paikasta riippumatta oma tilallinen ja harmoninen kokonaisuus.

Mielestäni taiteen tulisi olla läsnä osana jokapäiväistä elämäämme. Sisäänrakennettuna sen osissa ja esineissä. Ympäristö, joka tarjoaa kokemuksia ja on visuaalisesti miellyttävä ja rikas parantaa elämänlaatua, tavalla, jota ei edes välttämättä tietoisesti huomaa. Taiteen avulla pystytään tekemään parempaa ympäristöä, rakennuksia, tiloja, kalusteita ja esineitä.



40. Uuu, suunnittelemani tilallinen ulkoilmakaluste. SITMe näyttely 2012.



41. Yhden kappaleen mittasuhteet ja sen toiston luoma kokonaisuus.

Visuaalisella ja fyysisesti koettavissa olevalla ympäristöllä on ihmisen viihtymiseen suuri merkitys.

Suunnittelutyössä minua on aina kiinnostanut, miten tilasuunnittelun voi yhdistää kalustesuunnitteluun. Olen jo useita vuosia tehnyt työssäni tilasuunnittelua eri arkkitehtitoimistoissa ja sisustusarkkitehtitoimistoissa. Tilallisuus voidaan yhdistää kalusteeseen, se lisää kalusteen arvoa ja käytettävyyttä. Richard Serran teokset ovat tästä hieno esimerkki. Hänen taiteensa täytyy olla koettavissa fyysisesti, jotta se voidaan ymmärtää kunnolla. Hän käyttää tilaa materiaalina ja sitä hän muokkaa muotojen avulla.

Jokaisen ihmisen yksilölliseen tapaan hahmottaa ympäröivää tilaa ja ympäristöä vaikuttavat hänen henkilökohtaiset kokemukset, kulttuurinen tausta ja koulutus. Silti perusasiat ovat kaikilla samoja. Ainoastaan pelkällä pohjalaatalla voidaan luoda ja rajata tila muusta ympäristöstä. Kun ihminen on ulkotilassa, esimerkiksi aukiolla ja haluaa istua, hänen olonsa on parempi, kun tila on suojattu ja rajattu muusta ympäristöstä. Tilanrajaus voi olla vain selän takana oleva levy tai pystyelementti, joka tarjoaa suojaa tuulelta, auringolta ja antaa yksityisyyden tunnun. Pystyelementin jakaminen kahteen osaan, tekee siitä helpommin lähestyttävän ja jakaa kappaleen mittakaavan enemmän ihmisen omaa mittakaavaa lähemmäksi. Judd'n teoksissa näkyy hyvin se, miten tarkkaan harkittu mittakaava tekee teoksesta kauniin. Filed of Stelae on myös hyvä esimerkki siitä, kuinka paljon mittakaava vaikuttaa ihmisten kokemukseen tilasta.

Mittakaavaa mietittäessä täytyy myös aina ottaa huomioon se, onko esine sisä- vai ulkotilassa. Ulkotilassa oleva esine vaikuttaa aina pienemmältä kuin sisätiloissa, johtuen ympäristön mittakaavasta. Tässä penkkijärjestelmässä mitoitus on kokonaisuutena sopiva ulkotilaan ja kuitenkin myös ihmisen omaa mittakaavaa lähellä, koska kappale on mitoitukseltaan ja ulkomuodoltaan jaettu kahteen osaa. Jako kahteen osaan myös tekee tästä esineestä visuaalisesti mielenkiintoisemman ja antaa paremman mahdollisuuden tehdä erilaisia ryhmiä ja kokonaisuuksia. Kuitenkin kappale on niin yksinkertainen ja hillitty, että se ei toistettuna ja isonakaan kokonaisuutena ole liian runsas.

Yksinkertaisella keinolla, kappaleen kääntämisellä

pystyyn, luodaan tila, veistos ja monumentti. Pystyelementillä merkitään paikkaa, luodaan suoja, mielikuva ja kokemus ”puun juurella istumisesta” urbaanissa ympäristössä. Toisaalta myös penkkijärjestelmän avulla voidaan tehdä tila ja oleskelupaikka luonnon keskelle.

Pystyelementeillä on ihmisten mielikuvissa symbolinen merkitys. Monumentti on suurikokoinen ja vaikuttava veistos, muistopatsas tai muu muodostelma, joka on rakennettu kunnioittamaan henkilön tai tärkeän tapahtuman muistoa. Stelae on pystyelementti, kivilaatta tai pilari, nostettuna pystyyn, yleensä korkeampi kuin leveä. Sitä on käytetty hautakivenä, mainostarkoituksiin, alueen tai rajan merkitsemiseen. Usein niissä on koristelua, kaiverruksia, maalauksia tai reliefejä.

Mielestäni olisi tärkeää, että pystyttäisiin näkemään erilaisia tapoja luoda julkista ulkotilaa. Mielikuvilla, tilallisuudella ja erilaisella tavalla ajatella kalustamista voidaan luoda viihtyisämpää ja mielenkiintoisempaa tilaa, kuin vain perinteisillä keinoilla. Sami Rintalan teokset ja rakennukset ovat hieno esimerkki siitä, miten runollisuudella ja mielikuvilla voidaan luoda tilaa, joka vaikuttaa ihmisiin.

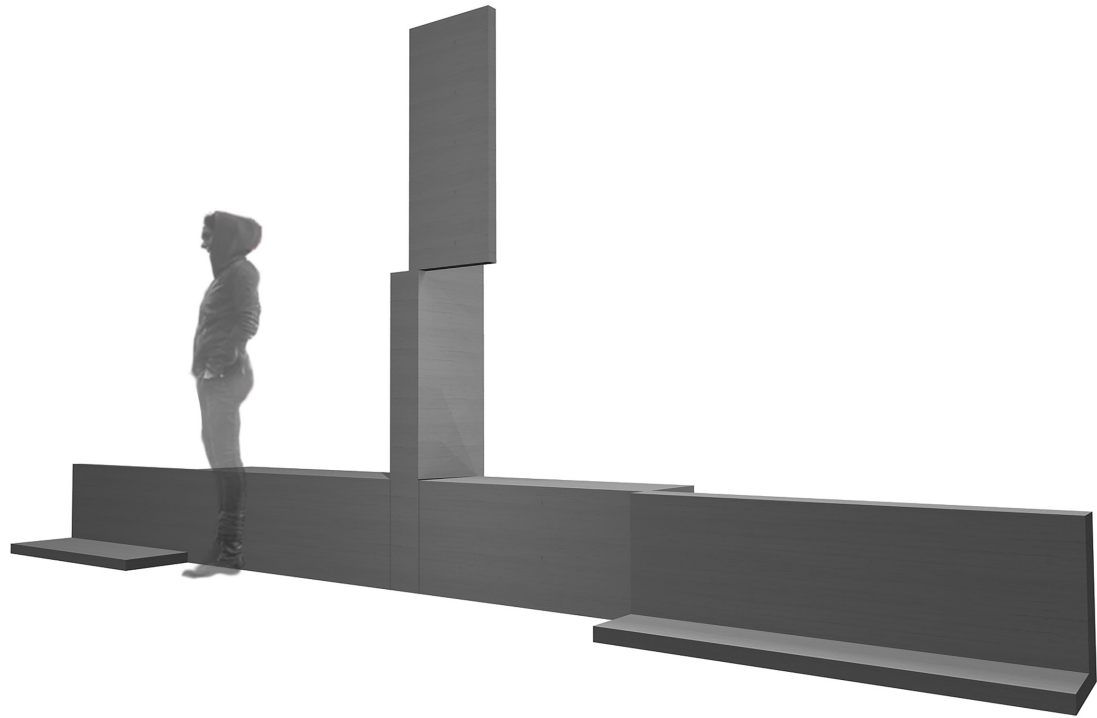
Tästä penkkijärjestelmästä voidaan myös tehdä lineaarisia kokonaisuuksia, jotka ovat yksityiskohtien takia mielenkiintoisia. Penkki yksittäisenä kappaleena on myös visuaalisesti kaunis ja vaikuttava esine.

Betoni materiaalina on erittäin kiinnostava, koska sillä on monta olomuotoa. Ensin se on notkeaa, nestemäistä, muokattavaa massaa ja lopuksi kovaa ja kestävä. Aluksi täysin muokattavissa, lopuksi todella vahvaa ja muotonsa pitävää. Sen lisäksi se on monipuolinen materiaali. Eri betonityypeillä, pintakäsittelyillä ja muotin muodoilla ja kuvioinneilla voidaan saada aikaan niin erilaisia lopputuloksia. Tähän esineeseen olen halunnut valita mahdollisimman yksinkertaisen pinnan, koska kappale itsessään on myös niin pelkistetty. Yksinkertaisia muotoja korostaa yksinkertainen pinta, koska se ei visuaalisesti häiritse kokonaisuutta.

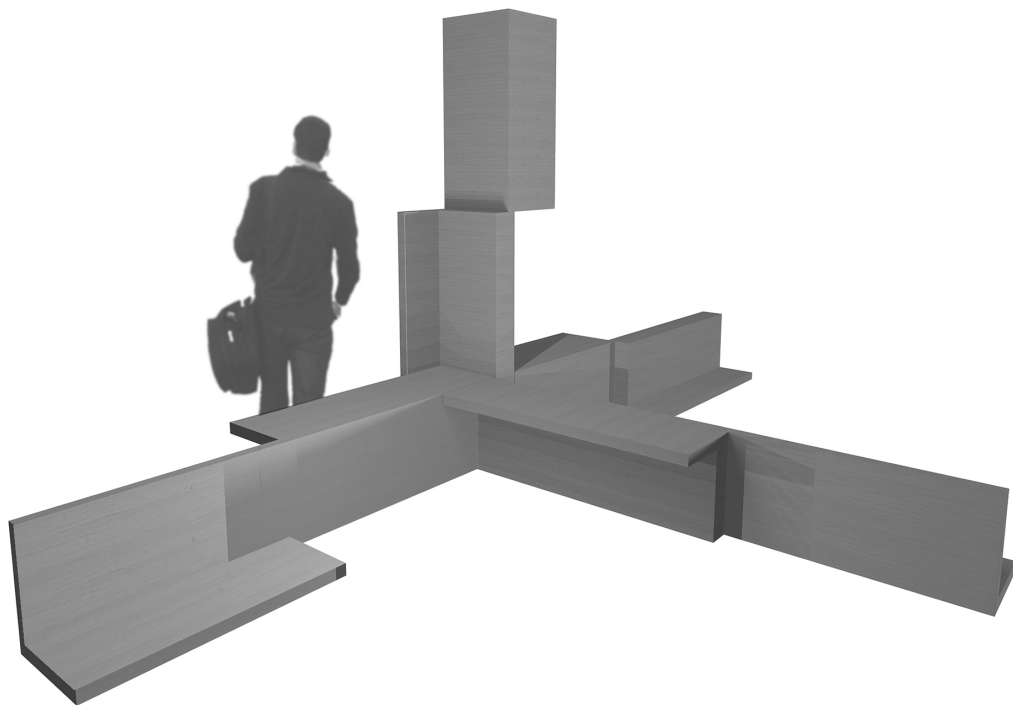
Betonilla voidaan myös tehdä paremmin yksinkertaisia ja pelkistettyjä muotoja, kuin muilla



42. Mittakaava ja mitoitus. Istuminen ja tilanrajaaminen. Mock up.



43. ja 44. Luonnoksia. Ihmisen mittakaava ja eri asennusvaihtoehtoja.



materiaaleilla, koska sen rakenne, teräsrunko on materiaalin sisäpuolella. Näkyviin jääviä tukisarjoja ei tarvita, kuten puuta tai metallia käytettäessä. Betonin vahvuus ja suuri lujuus mahdollistaa graafisten, suorakulmaisten ja pelkistettyjen muotojen tekemisen.

5.3 Rakenteelliset ja käyttöön liittyvät lähtökohdat

Ensimmäisissä luonnoksissa penkistä se oli ensin erikokoisista paloista koostuva penkkijärjestelmä, josta voitiin eri tavalla yhdistelemällä luoda erilaisia kokonaisuuksia. Asennuskustannukset ja työ paikalleen asennettaessa olisi kuitenkin ollut kallista ja vaikeaa. Valmistuksessa kiinnitysosien asemointi ja erikokoisten kappaleiden lopullinen kiinnitys ja järjestys olisi ollut hankala toteuttaa. Toisessa versiossa penkki oli yhtenäinen katoksellinen iso istuin. Se kuitenkin olisi ollut liian painava laitureille, hankala valmistaa ja asentaa paikoilleen.

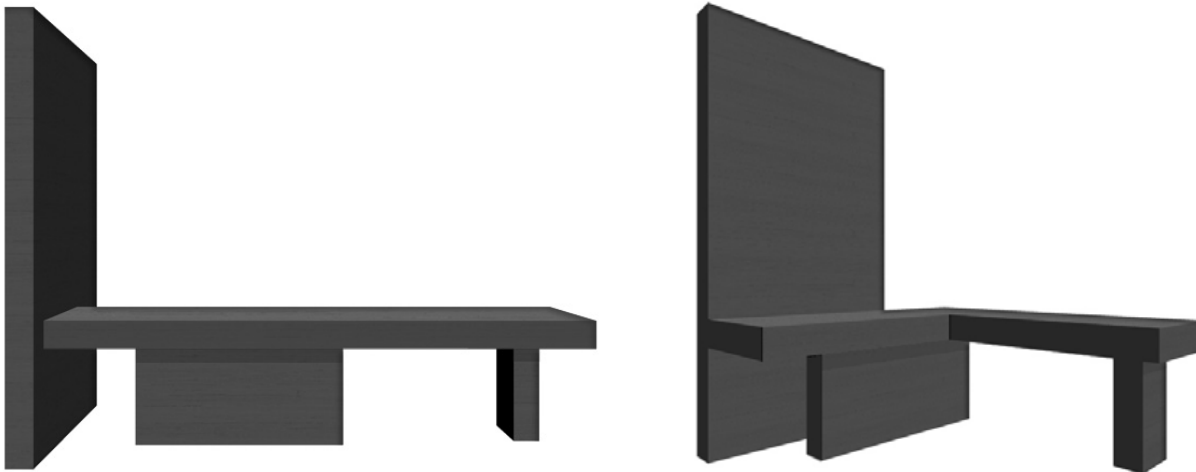
Yhden käännettävän moduulin avulla voidaan

ratkaista valmistukseen ja paikalleen asentamiseen liittyviä monia ongelmia. Penkkijärjestelmän pitää olla toimiva yhtenä kappaleena ja asennettuna useiden kappaleiden ryhmiin. Sillä pitää olla mahdollista helposti saada aikaan vaihtelevia ja kuitenkin visuaalisesti ja rakenteellisesti hallittuja kokonaisuuksia.

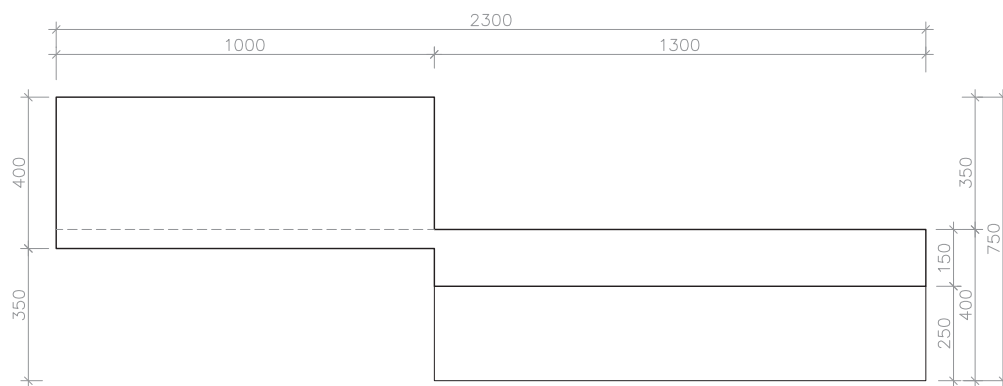
Toistamalla yhtä kappaletta voidaan luoda paikasta riippumatta oma tilallinen ja harmoninen kokonaisuus. Mitoituksen pitää toimia yhdessä kappaleessa, vaaka-asennuksessa, molemmin päin asennettuna. Pystyasennuksessa niin, että tila on rajattu ihmisen mittakaavaan sopien.

Penkin rakenne on suunniteltu sen mukaan, että siinä on yksi paksumpi ja painavampi osa, jotta pystyasennus on tasapainoisempi ja riittävä kiinnitysrakenne mahtuu sisäpuolelle. Paksumpi osa myös rakenteellisesti tukee pidempää istuinosa alhaaltapäin.

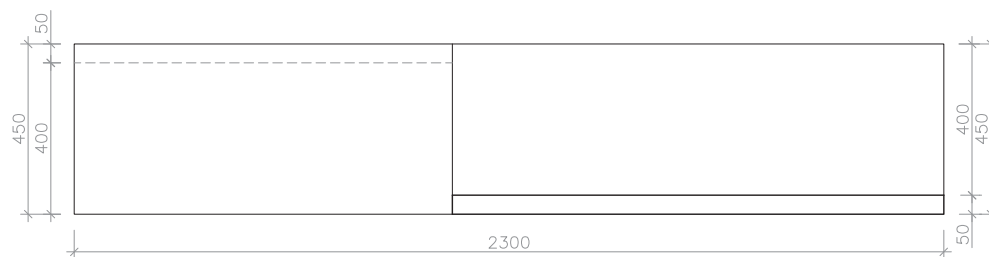
Penkin tulee myös olla kevyt ja kapea, kun sitä käytetään laitureilla. Paikalleen asennuksen



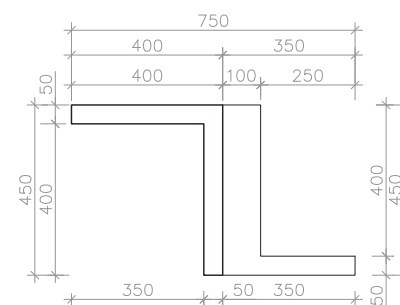
45. ja 46. Luonnos. Eri kokoisista moduuleista koostuva penkkijärjestelmä.



PROJEKTIO YLHÄÄLTÄ

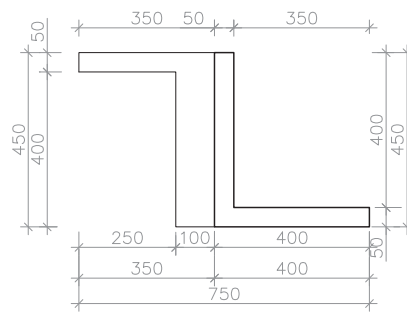


PROJEKTIO EDESTÄ

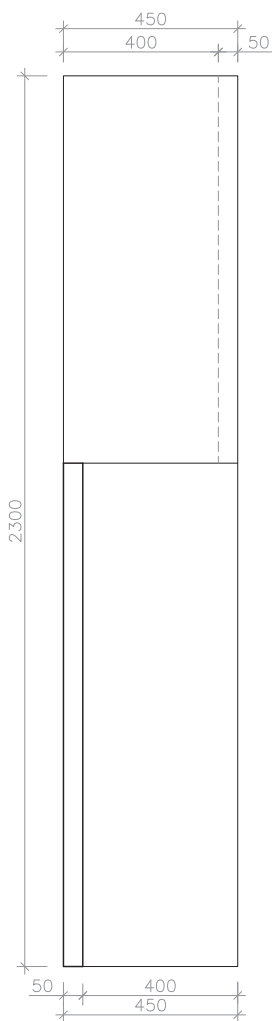


PROJEKTIO SIVUSTA

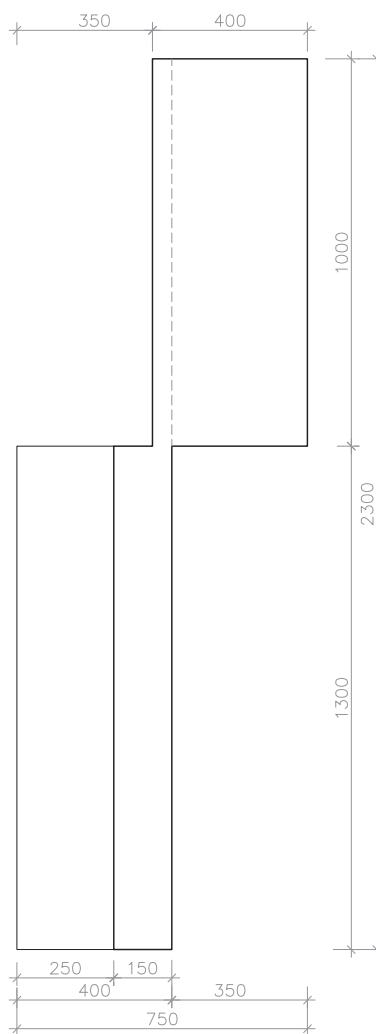
47. Vaaka-asennus. Mittapiirros 1:20.



PROJEKTIO YLHÄÄLTÄ



PROJEKTIO SIVUSTA



PROJEKTIO EDESTÄ

48. Pystyasennus. Mittapiirros 1:20.

pitää olla helppoa, yksinkertaista ja edullista. Kiinnitysosat ja valmistusvaiheessa niiden sijoittamisen muottiin pitää valita tämän mukaan.

Betoni ulkotilojen istuimissa on yleisesti totuttu näkemään massiivisina kappaleina tai valettuina orgaanisina muotoina. Rakennusviraston P. Arposen (Sähköposti haastattelu 30.3.2015) mukaan Helsingin kaupunki käyttää sitä vain kiveyksissä ja muissa rakenteellisissa sovelluksissa.

Helsingin kaupungin julkisten ulkotilojen kalusteet ja ratkaisut ovat pääosin perinteisiä, pelkästään yhden toiminnon huomioivia suunnitelmia. (Helsingin kaupunki, kaupunkikalusteohje. Rakennusvirasto 2015, 7.) Mielestäni olisi hienoa, että myös Suomessa tulevaisuudessa voitaisiin huomioida erilaisia tapoja kalustaa julkista ulkotilaa, kuin nyt.

Tässä penkki versiossa on erilainen ajatus, mitä yleensä maisema-arkkitehtuurissa käytetyissä betonikalusteissa, jotka usein liittyvät osaksi maiseman muuta rakenteellisuutta. Tämä penkkijärjestelmä se ei vaadi muuta maisemointia, eikä ole paikkasidonnainen. Erilaisilla kokonaisuuksilla pystytään tekemään tilallinen ja maisemallinen yhdistelmä, paikasta riippumatta ja kuitenkin penkki toimii myös yksittäisenä kappaleena.

Penkkijärjestelmällä voidaan luoda avoimia lineaarisia tai erimuotoisia kokonaisuuksia. Pystyelementin avulla tilasta voidaan tehdä intiimimpi, suojattu tila tai käyttää penkkiä vain yksittäisenä kappaleena, jos käyttötarkoitus ja paikka niin vaatii.

Julkisen ulkotilan kalusteissa on aina kestävyys ja käyttöön liittyviä suuria vaatimuksia. Materiaalien ja rakenteen pitää kestää ilkeä ja myös muuta

käyttöä kuin vain istumista, esimerkiksi skeittausta. Ilmaston vaikutus täytyy myös huomioida. Suomessa ilmasto olosuhteet ovat monin tavoin vaativammat, kuin ulkomailla, pakkasten, lumen ja sateiden takia. Betonin rasitusluokka tulee huomioida tämän mukaan. Istuimien pitää olla kiinnitettyinä maahan, ne eivät saa olla siirrettävissä.

Betonia käytettäessä usein hankaluuksia tuottaa materiaalin suuri ominaispaino ja kalusteissa se voi olla ongelma. Ulkotilojen kalusteissa se kuitenkin on hyvä asia, koska kalusteiden pitää olla sellaisia, että niitä ei voi siirtää. Ulkokäytössä perinteisesti raudoitettu betoni ei voi olla kovinkaan ohutta, koska muuten sisällä oleva rakenne ruostuu, ellei käytetä RST-raudoitusta, niin kuin tässä penkkijärjestelmässä.

Perinteisesti raudoitettua betonia käytettäessä suunnitteluun kuuluu aina monta eri osaa; muotti, teräsrakenne, lopullinen betonipinta ja sen jälkikäsitteily. Oikein pintakäsiteltynä betoni soveltuu hyvin ulkokäyttöön penkeissä, koska se on kestävä materiaali. Itsetiivistyvää betonia käytettäessä myös vesitiivis.

Mielestäni betoni sopii hyvin ulkotilan kalusteisiin, myös Suomen ilmasto-olosuhteissa, kun verrataan esimerkiksi puihin tai metallisiin kalusteisiin, joita yleisimmin käytetään. Näistä materiaaleista molemmat kuluvat helposti, ruostuvat tai lahoavat kosteassa ilmastossa. Betoni kestää ilmastoa paljon paremmin ja sen käyttöikä on 50 vuotta.

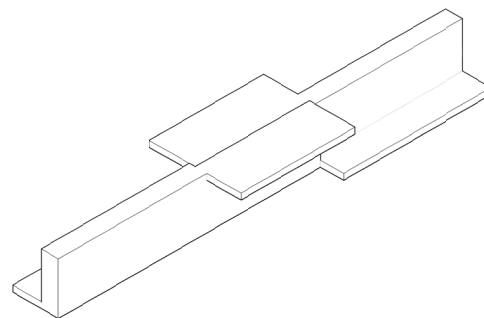
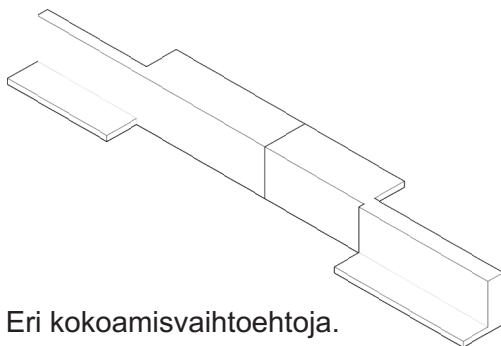
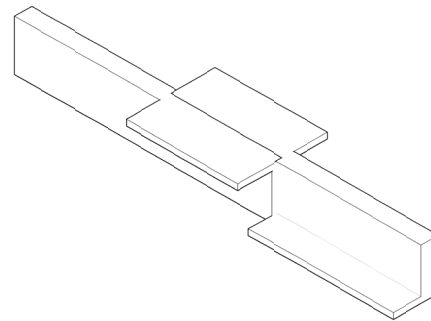
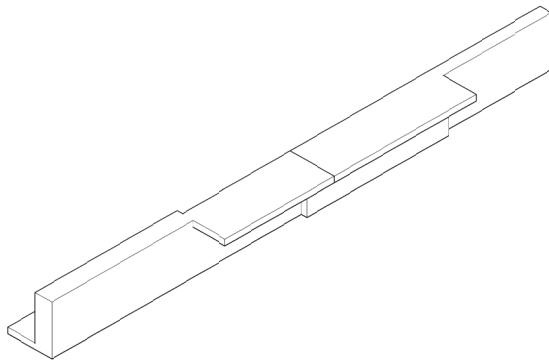
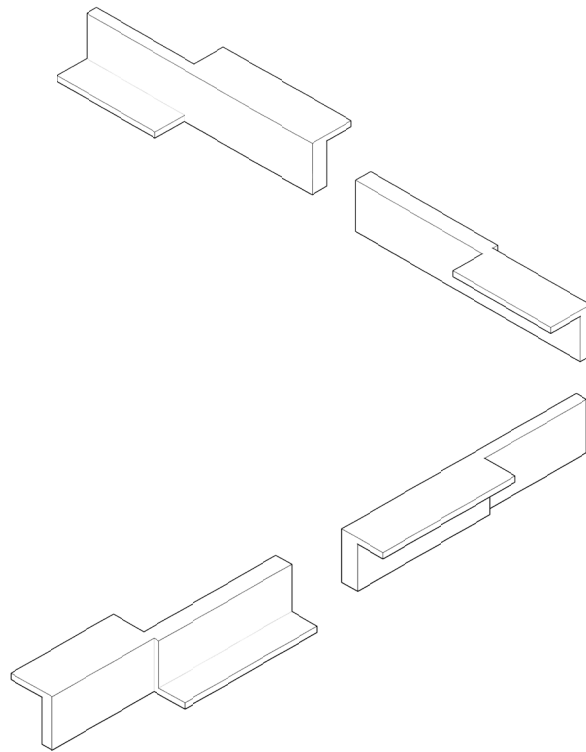
6. Käyttökohteet ja eri kokoamisvaihtoehdot

Laitureille asennettaessa penkin tulee olla kapea. Kiinnitykset tehdään jälkiasennuksella.

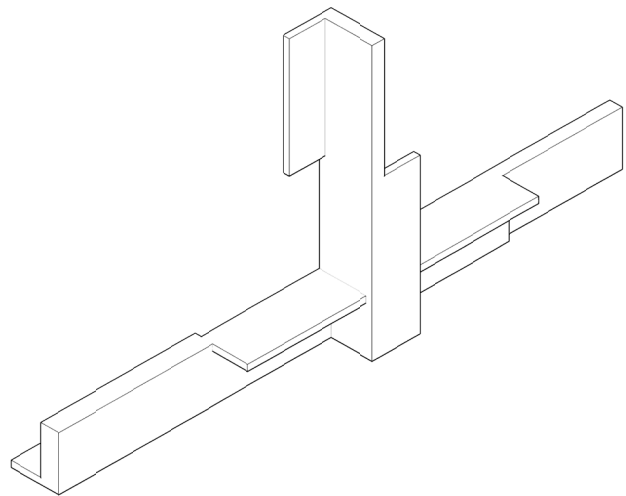
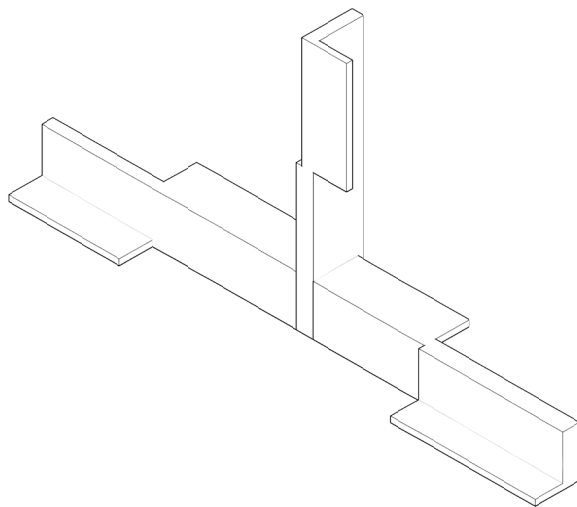
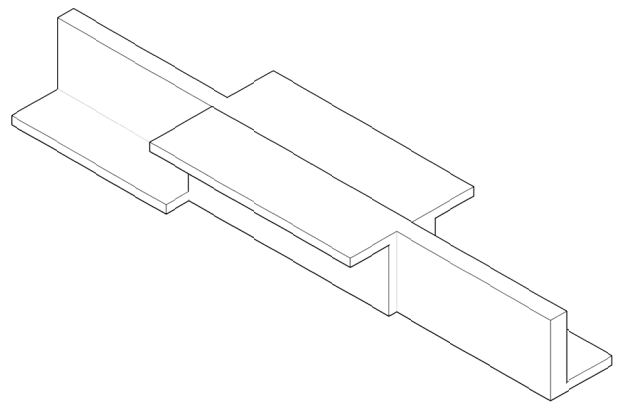
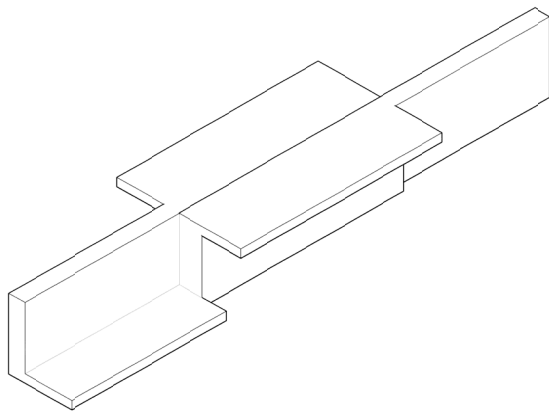
Satamissa, puistoissa ja julkisessa kaupungin ulkotilassa kokoamisvaihtoehtoja on lukuisia, sen mukaan, minkälainen käyttö kyseisessä tilassa on.

Paikalleen asennus tehdään sen mukaan, mikä on lähtötilanne. Puistoissa maavaraisella pohjalla penkkien alle valetaan pohjalaatta, joko tehtaalla tai paikanpäällä. Kiinnitysosat asemoidaan pohjalaattaan valuvaiheessa.

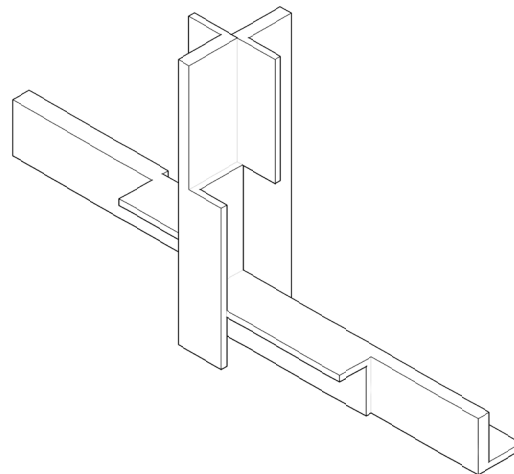
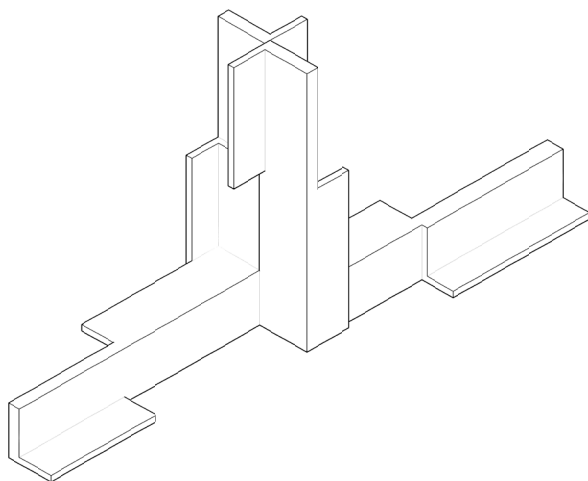
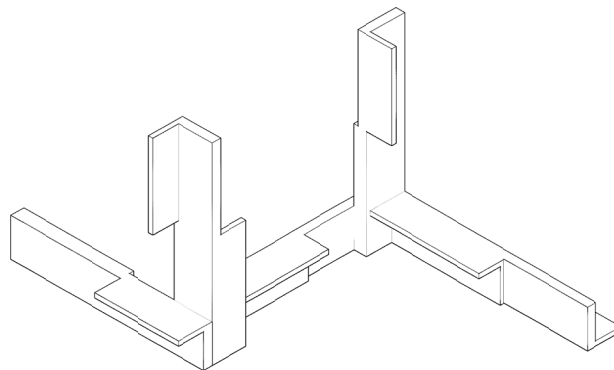
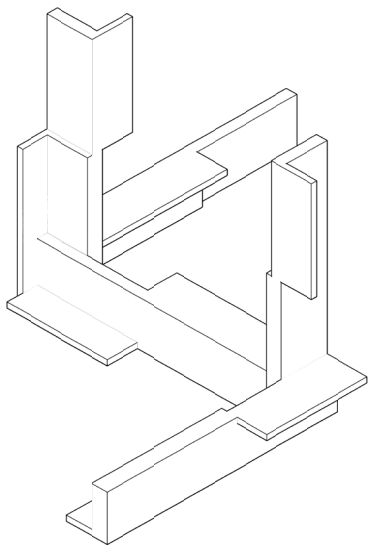
Penkit voidaan myös asentaa paikalleen jälkiasennuksella, jos pohja on esimerkiksi asfalttipintainen.



49. Eri kokoamisvaihtoehtoja.



50. Eri kokoamisvaihtoehtoja.



51. Eri kokoamisvaihtoehtoja.

7. Valmistajan, rakennesuunnittelijoiden ja betonintoimittajan näkökulmat

7.1 Valmistajan näkökulmat

7.1.1 Lähtökohdat

Betoni on materiaalina edullinen, työ kustannukset ovat usein suurin kuluerä. Laitureissa on huomioitava suola- ja pakkasrasitus, penkeissä olisi hyvä olla sama rasitusluokka. (BY 50 2012, 88-90.) Runkoraidoitus tehdään RST-raidoituksena, koska silloin ei tarvitse välittää betonipeitteen suojaetäisyydestä. Tavallisella raidoituksella suojaetäisyys on 30 mm, jotta rakenne ei ruostu. Rakennesuunnittelijat määrittelevät tarkemmin rakenteen ja käytetäänkö RST-tankoa vai RST-verkkoa.

Betoni, jota käytetään on itsetiivistyvää betonia, jotta muotin alaosa, joka on vain 50 mm paksu täyttyy kunnolla. Täytyy tehdä ensin koevalu, jotta nähdään täyttyykö alaosa kunnolla. Itsetiivistyvää betonia täytyy käyttää myös sen takia, koska penkin ohuissa kohdissa tulee olemaan niin ahdasta raidoituksen vuoksi.

Valmistustekniikkana yksi valu on järkevämpi, koska silloin rakenne on kestävämpi, koska raidoitus on jatkuva. Jälkiasennuskustannuksilta myös vältytään tällä tavalla. Nyt valettavissa kolmessa penkissä käytetään vanerimuotteja, koska metallimuotin valmistus maksaa paljon. Jatkossa jos valetaan useita kappaleita, metallimuotin käyttö on järkevää. Vaneri on pinnoitettua filmivaneria, toiselta nimeltään muottivaneria. Vaakavalu on parempi vaihtoehto kuin pystyvalu, koska paine muotissa ei tule olemaan niin suuri tällä tavalla. Vaakavalussa yläpinnan käsittely on mietittävä, muottia ei voi kokonaan sulkea.

Penkin painon tulisi olla mahdollisimman pieni laitureille asennettaessa, jotta ne eivät kellu vinossa, noin 400 kilon paino on vielä hyvä. Penkin tulisi olla kapea, jotta kulkuväylä säilyy.

Kiinnitykset laitureihin tai satamissa tehdään jälkiasennuksella, kiinnitystavat on mietittävä

tämän mukaan. Helpoin asennustapa on porata kiinnitysaukot penkeissä olevien kiinnitysreikien läpi paikan päällä, jonka jälkeen kiinnityspultit asennetaan alustaan. Alustavasti on ajateltu vaaka-asennuksen kiinnityspisteiden olevan vaaka-asennuksessa pohjaa vasten olevassa vaakalaatassa. Kolme tai neljä kiinnityspistettä on riittävä määrä.

Penkissä olevien kiinnitysosien paikat voidaan päättää kun valetaan, koska muotti kaikissa tulee olemaan samanlainen. Kiinnitysosat asemoidaan muottiin sen mukaan, mikä asennusasento on kyseessä, pystyasennus vai kaksi eri vaaka-asennus vaihtoehtoa.

Penkin siirtäminen voidaan järjestää nostoliinon avulla, penkkiin ei ole tarpeellista asentaa erillisiä nostoankkureita, joita käytetään laitureissa.

7.2 Rakennesuunnittelijoiden näkökulmat

7.2.1 Lähtökohdat

Suojaetäisyydestä ei tarvitse välittää, kun käytetään RST-raidoitusta. Betoni on itsetiivistyvää betonia, koska muotti on ahdas. Rakennepaksuus voi olla 50 mm. Raidoituksen olisi hyvä olla molemmin puolin rakennetta ja mahdollisimman lähellä betonin pintaa, jotta betoni ei murtuisi niin helposti.

Rakenteellisesti jännitykset aina keskittyvät kappaleen sisänurkkiin. Suorakulmainen kappale on aina vaikeampi rakenteellisesti kuin pyöristetty. Pienet pyöristykset sisäkulmissa auttavat paljon kestävyys ja pinnan halkeiluun tai murtumiseen.

Alustavien laskemien mukaan jännitykset keskittyvät sisäkulmaan, tarkemmin osaan, jossa paksuus vaihtuu 150 mm paksuudesta 50 mm ohueksi. (Liite 1.)

Kuitubetonia käytettäessä ei olisi ongelmaa, koska se on noin 60 kertaa kestävämpää kuin tavallinen raidoitettu betoni.

Maisteri opiskelija Aisha Ambreen laskee mikä on minimi paksuus betonille raidoituksella. Keskikohdan paksuutta on ehkä tarpeellista lisätä.

Laskelmat täytyy tehdä niin, että penkkiä voi

käyttää yksittäisenä kappaleena, molemmin päin asennettuna. Pystyasennukselle täytyy tehdä myös tarkat laskelmat. Ilkivallan mahdollisuus on huomioitava. Laskelmia ei voi tehdä niin, että lasketaan kestävyys kun kappaleet ovat asennettuina ryhmässä toisiinsa kiinnitettyinä, koska jo 1 mm rako asennuksessa vaikuttaa rakenteellisesti, lujuuteen ja kestävyYTEEN. Laskelmissa penkki käsitellään yksittäisenä kappaleena, molemmissa vaaka-asennoissa ja pystyasennossa. Kiinnitykset pitää miettiä jokaisen asennusvaihtoehdon kannalta.

Peikko Groupin pilarikenkiä olisi hyvä käyttää, ainakin pystyasennuksessa, koska heiltä löytyy tarkat laskelmat kiinnitysosien kestävyYdestä. (Liite 1.)

7.2.2 Ratkaisut

Keskiosan paksuutta on syytä lisätä, jotta rakenteelle on riittävästi tilaa. Sitä paksunnetaan niin, että lopullinen paksuus on 100 mm. Alla olevassa taulukossa osoitetaan se, miten rakenteen paksuntaminen vaikuttaa kestävyYTEEN ja mahdolliseen pinnan halkeamiseen. (Liite 2, 5.)

Penkin alla tulee olla koko matkalla pohjalaatta, sillä tavalla kappaleeseen ei tule niin suuria jännityksiä. Penkki voi olla vaaka-asennuksessa kiinnitettynä pohjalaattaa vasten olevasta vaakaosasta, kiinnitys olisi kuitenkin kestävämpi, jos se olisi vaakasuuntaisen pystyosan sisällä, molemmissa reunoissa. (Liite 1.)

ANALYSIS RESULTS

Sign Conventions

Principal Stresses 11 represents the stresses in x-plane, 22 in y-plane and 33 in z-plane. Sign Conventions in Comsol and Abaqus are defined positive for tension and negative for compression.

Increased Thickness

At first bench model had very small thickness of one of its vertical part making it prone to high stresses which could lead to failure in tension causing cracks on the surface.

Principal Stresses	Original (50 mm)		With increased thickness (100mm)	
Plane of Stresses	Tension	Compression	Tension	Compression
Stress 11	4	0	1.4	0.2
Stress 22	0.8	1.2	0.3	0.6
Stress 33	0	6	0	2.5

Comments

Tension can be considerably reduced even with small increase in thickness. To avoid the cracking scenario, thickness was increased to 100mm.

Alla olevassa taulukossa rakennelaskelma kun penkki on kiinnitettyä maata vasten olevasta 1300 mm leveästä vaakaosasta. Osittain kuormitettu istuinosa on laskettu neljän ihmisen painon mukaan. Yhden ihmisen paino on normaalin suomalaisen ihmisen paino, 82 kg. Kuormaa on

siirretty lähemmäksi ulkoreunaa.

Täysin kuormitettu istuin osa on laskettu sen mukaan, että neljä ihmistä istuu istuinosaalla ja viisi ihmistä istuu maahan kiinnitetyllä kapeammalla osalla. (Liite 2, 5-6.)

Table 3: Principal stresses for Case 1

Principal Stresses	Fully loaded on cantilever plate		Partially Loaded on cantilever plate	
	Tension (MPa)	Compression (MPa)	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	1.4	0.2	1.4	0.2
Stress 22	0.3	0.6	0.3	0.5
Stress 33	0	2.5	0	2

Von Mises caused in concrete because of fully loaded and partially loaded are 2.14 MPa and 1.8 MPa respectively. Principal stresses are given for in Table 3.

Alla olevassa taulukossa sama analyysi kun penkki on kiinnitettyä maata vasten olevasta 1000 mm leveästä vaakaosasta. Osittain kuormitettu istuinosa on laskettu viiden ihmisen painon mukaan. Kuormaa on siirretty lähemmäksi ulkoreunaa.

Täysin kuormitettu istuinosa on laskettu sen mukaan, että viisi ihmistä istuu istuinosaalla ja neljä ihmistä istuu maahan kiinnitetyllä kapeammalla osalla. (Liite 2, 6-7.)

Table 4: Principal stresses for Case 2

Principal Stresses	Fully loaded on cantilever plate		Partially Loaded on cantilever plate	
	Tension(Mpa)	Tension(Mpa)	Compression(Mpa)	Compression(Mpa)
Stress 11	0.4	0.1	0.2	1
Stress 22	0.1	0.2	0.3	1.5
Stress 33	0	0.6	1.2	9

Pystyasennuksessa penkin kiinnitysjärjestelmän tulee olla niin kestävä, että kappale kantaa oman painonsa. Sen lisäksi kiinnityksissä tulee huomoida ilkeivallan mahdollisuus ja se jos joku

työntää penkkiä. Kiinnityspisteitä pitää olla kolme, molemmin puolin 150 mm paksua osaa. (Liite 2, 11-17.)

Calculation of resisting Moment of bolts

Data:

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2} \quad \text{gravitational acceleration}$$

$$w := 200 \text{ kg} \quad \text{force assumed acting on topmost side of bench in horizontal direction}$$

$$F := w \cdot g = 1.961 \text{ kN}$$

Geometry of cross-section

$$h := 0.15 \text{ m} \quad b := 0.45 \text{ m}$$

$$L := 2.3 \text{ m} \quad \text{height of the bench}$$

Material properties

$$\rho := 2300 \frac{kg}{m^3} \quad \text{density of concrete}$$

$$f_y := 275 \text{ MPa} \quad \text{yielding strength of steel for A36 steel}$$

$$f'_c := 30 \text{ MPa} \quad \text{compressive strength of concrete}$$

$$\epsilon_{cu} := 0.003 \quad \text{ultimate strain for concrete}$$

$$E := 200 \text{ GPa} \quad \text{Elastic Modulus for concrete}$$

Material Partial Factors:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \alpha_{cc} := 0.85$$

Factors for calculation model:

$$\lambda := 0.85 \quad \eta := 1$$

Steel Bolts

$$d_b := 16 \text{ mm} \quad \text{diameter of bar}$$

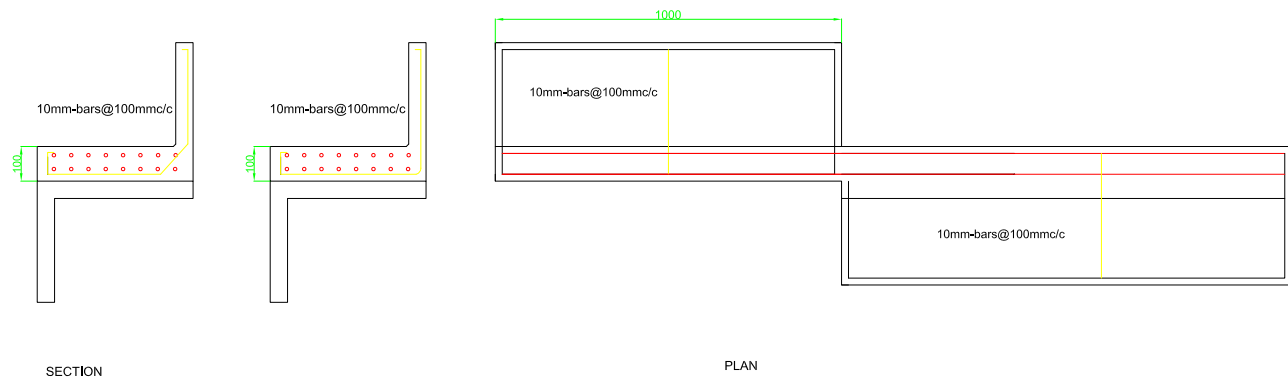
$$A_b := \pi \cdot \frac{d_b^2}{4} \cdot 2 = (4.021 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2 \quad \text{Area of two bars}$$

$$d' := 40 \text{ mm} \quad \text{Concrete cover for bolts}$$

$$d := h - d' = 0.11 \text{ m} \quad \text{depth of tension steel}$$

RST-teräsrakenne penkin sisällä on 10 mm harjaterästankoa, taivutettuina hakasiksi, jotka taittuvat penkin istuimeen. Hakojen määrä on laskettu 10 mm tanko / 100 mm. Haat olisi hyvä vaihtaa halkaisijaltaan 6 mm tai 8 mm paksuiksi, jos mahdollista. Haat on taivutettu etu- ja alaosaan, jotta niiden tarttuvuus betoniin on parempi. Vaakaosan pitkällä matkalla tankoja tulisi olla myös sama määrä. (Liite 2, 10-11.) Periaatepiirroksen

mukaisia hakoja käytetään kulmikkaasti taivutetun haan osalta, pyöristetysti taivutetut haat korvataan RST-harjateräsverkolla. Betonipeitteen paksuus on 20 mm, kaikissa paikoissa, paitsi istuimen pinnassa, jossa se on 15 mm. (Liite 2, 10-11.)



52. Periaatepiirros teräsrakenteesta.

8. Julkisen ulkotilan kalusteissa huomiotavat asiat Suomessa

Julkisten ulkotilojen istuimien tulee aina olla maahan kiinnitettyjä ja ne eivät saa olla siirrettävissä. (Arponen 2015).

Suomen ilmasto-olosuhteissa betonin ikääntyminen ja kuluminen tulee huomioida. Auraus voi myös olla ongelma. (Arponen 2015.)

Skeittaus kulutta materiaaleja ja se ei muun oleskelun kanssa sovi yhteen. Skeittaukseen tarkoitettujen rakenteiden reunat yleensä vahataan, skeittilaudan liukumisen parantamiseksi ja se estää istumisen. Skeittaus voidaan helposti estää ympäristön suunnittelulla, esimerkiksi kiveyksellä tai ympäröivällä laattatyypillä, tämä täytyy huomioida suunnitelmissa. (Arponen 2015.)

Julkisissa ulkotiloissa ei saa tehdä askelmia, jotka houkuttavat kiipeämään. (Arponen 2015.)

Kaupunkiympäristössä maanpinnan alla olevan infrastruktuuri pitää huomioida asennussyvyydessä. Yleensä alle 500 mm syvyyteen mentäessä ei ole ongelmia, paitsi kallioisilla alueilla. (Arponen 2015.)

9. Rakenteelliset ja käyttöön liittyvät ratkaisut

Yhden käännettävän moduulin avulla on nyt voitu ratkaista valmistukseen ja paikalleen asentamiseen liittyviä monia ongelmia. Yhdellä valulla ja muotilla voidaan rakenteesta saada kestävämpi, koska rakenne sisällä on jatkuva.

Penkin tulee myös olla kevyt ja kapea, kun sitä käytetään laitureilla. Moduulissa on yksi paksumpi ja painavampi osa, jotta pystyasennus onnistuu helpommin. Kappale on tasapainoisempi paksumman osan takia. Rakenteen paksuuden lisääminen oli myös tarpeellista teräsrakenteen ja kiinnityksien sisään mahduttamiseksi. Se kuitenkin oli hyvä ratkaistu myös istumisen kannalta, 100 mm osa on parempi kuin 50 mm osa.

Penkkijärjestelmä on nyt toimiva yhtenä kappaleena ja asennettuna useiden kappaleiden ryhmiin. Sillä voidaan helposti luoda vaihtelevia, käytössä toimivia, visuaalisesti ja rakenteellisesti hallittuja kokonaisuuksia.

Paikalleen asennus on nyt helppoa ja edullista. Kiinnityskohdat määräävät mihin asentoon penkki asennetaan. Valmistusvaiheessa kiinnitysosat asemoidaan muottiin sen mukaan, mikä asennusvaihtoehto on kyseessä. Penkki kuljetetaan paikalle nosturiautolla ja kiinnitetään joko jälkiasennuksella maahan, esimerkiksi asfaltti pinnalle tai tehtaalla tai paikanpäällä valettuihin betoni laattoihin, joissa kiinnityksien vastakappaleet ovat valmiina valettuina kiinni.

Kuitubetonin käyttö tässä tapauksessa ei ole järkevää, koska sen käyttöön tarvitaan lisenssi, joka maksaa. Kuitubetonin saatavuus ulkomailta voi myös olla ongelma. Esimerkiksi Ductal betonin käyttöön tarvitaan lisenssi ja tavallisissa useilta betonivalmistajilta saatavissa olevista kuitubetoneissa käytetään metallikuitua, joka ruostuu. Penkki ei myöskään rakenteellisesti ja muodoltaan ole niin haastava, että kuitubetonin käyttö olisi perustelua. Paino ei tule olemaan ongelma, koska penkki ei saa olla siirrettävissä. Paikalleen asennus järjestyy yhdellä kertaa nosturiauton avulla.

Itsetiivistyvä betoni on tähän hyvä ratkaisu, koska se on vesitiivistä ja näin ikääntyminen ei ole niin nopeaa Suomen ilmasto-olosuhteissa.

Teräsrakenne valmistetaan RST-teräksestä, jolloin rakenne ei ruostu ja betonipeite voi olla ohut. Rastitusluokat on XC3 ja XC4, XS1 ja XF4. (BY 50 2012, 88-90.)

Tässä tapauksessa kiipeämistä ei voida kokonaan estää, mutta nyt rakenne ei kuitenkaan houkuta siihen. Pystyelementti on niin tärkeä osa kokonaisuutta ja penkkijärjestelmän toimivuutta, että sitä ei voi poistaa. Rakennelaskelmat on nyt tehty niin, että jos joku kiipeää pystyasennettuun kappaleeseen, se on turvallista.

Auraus onnistuu, kun huomioidaan maata vasten olevat vaakaosat, niillä on suuri merkitys penkinjärjestelmän ulkonäköön, toimivuuteen,

valmistukseen ja kokonaisuuteen.

Skeittaus Helsingin kaupungin rakennusviraston ohjeiden mukaan tulisi estää ympäristönsuunnittelulla, joten se ei vaadi penkin rakenteeseen tai ulkomuotoon muutoksia. Mielestäni kuitenkin olisi hyvä, jos jatkossa Helsingin kaupungin määräykset muuttuisivat niin, että skeittaus voitaisiin nähdä yhtenä toimintona, joka kuuluu kaupunkiympäristöön ja rikastuttaa sen kulttuuria. Helsingin kaupungin suhtautumista skeittaamiseen ja yleisen oleskelun rajoittamista on kritisoitu myös lehdistössä. (Oksanen & Niiranen, Helsingin Sanomat 2015.)

Penkkijärjestelmä on nyt suunniteltu niin, että siinä pystyy skeittaamaan hyvin, kun moduulit on asennettu niin, että niistä muodostuu pitkiä aitamaisia suoria ja istuimista pitkiä vaakapintoja. Jos kuitenkin skeittausta halutaan jostain syystä rajoittaa, pystyelementti toimii tässä tarkoituksessa.

On rakenteellisesti järkevämpää kiinnittää vaaka-asennuksessa penkit vaakasuuntaisen pystyosan sisällä olevilla kiinnityskappaleilla, koska rakenne on tällä tavalla kestävämpi. Kiinnitykset ovat myös paremman näköiset ja piilossa. Jälkivalu tehdään, jos asennuksen halutaan olevan pysyvä, muuten kiinnitykset jätetään näkyviin, jotta irrotus onnistuu.

Penkit voidaan asentaa paikalleen jälkiasennuksena laitureille ja paikkoihin, joissa on sopiva pohja. 500 mm syvyyteen asti ei yleensä ole ongelmia kaupunkiympäristössä. Tarvittaessa asennus onnistuu myös niin, että alla oleva pohjalaatta valetaan joko paikan päällä tai valmiiksi tehtaalla.

10. Lopullinen valmistus ja ratkaisut

10.1 Rakenne

7 mm RST-harjateräs hakojen lisäksi käytetään RST-harjateräsverkkoa, joka on 5 mm x 5 mm, silmäkoko 150 mm, koko matkalla rakenteessa, myös taivutettuna istuinosaan, jotta rakenne saadaan pysymään kasassa ja paikoillaan valun aikana. Teräsrakenteen etäisyys ulkoreunoista

asennusvaiheessa määritetään harmailla muovivälikkeillä, ne myös pitävät rakenteen paikoillaan valun aikana.

Raudoitteet pitää sitoa kiinni toisiinsa ja tukea välikkein muottia vasten. Sidelangat taivutetaan sisäänpäin, jotta ne eivät näkyisi valmiissa pinnassa. (Pahkala & Vuorinen 2015, 530.)

Raudoitus tehdään kahdessa eri osassa, jotka yhdistetään muotin lukopuolella, sen jälkeen lasketaan muottiin ja asemoidaan paikalleen.

10.2 Betoni

Käytetään itsetiivistyvää betonia, rakenteen tiheyden ja muotin ahtauden takia, se on myös vesitiivistä ja siitä tulee hieno ja tasainen valupinta. Kun käytetään filmipintaista vaneria, joka on tiivispintainen muottimateriaali, itsetiivistyvällä betonilla saadaan parempi valupinta, koska se on huokosetonta.

LUJABETONI, KÄYTETYN BETONIN TIEDOT:

Betonin tyyppi IT C35/45. Raekoko 16 mm.

Rasitusluokat:

Karbonatisoitumisen vaikutuksesta aiheutava koroosio:

Kohtalaisen kostea, XC3

Märkä ja kuiva vaihtelevat, XC4.

Muun kuin meriveden kloridien aiheuttama koroosio:

Kosketuksissa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suorassa kosketuksessa meriveteen, XS1.

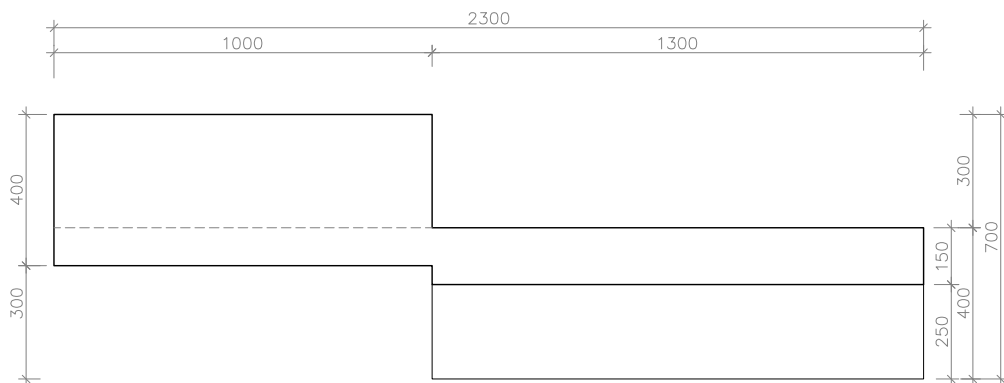
Jäätymis- /sulatusraistus jäänsulatusaineilla tai ilman niitä:

Suuri vedellä kyllästymisen ja jäänsulatusaineet tai merivesi, XF4.

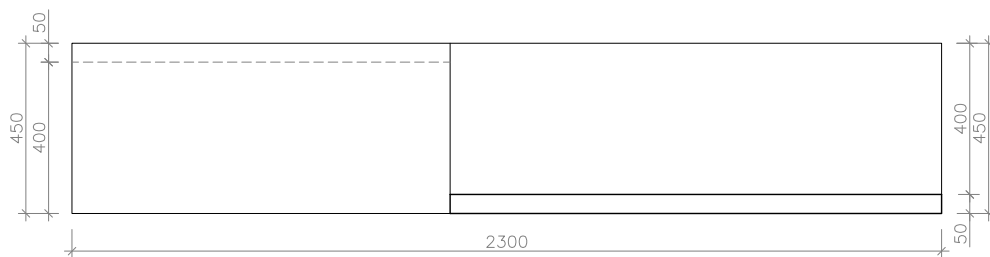
Sementin osuus 419 kg.

Veden osuus 199 kg.

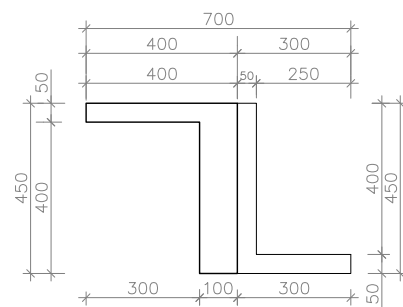
Kiviaineksen osuus 1638,5 kg.



PROJEKTIO YLHÄÄLTÄ

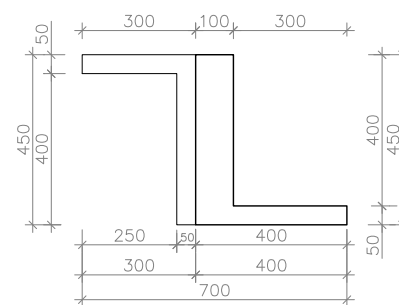


PROJEKTIO EDESTÄ

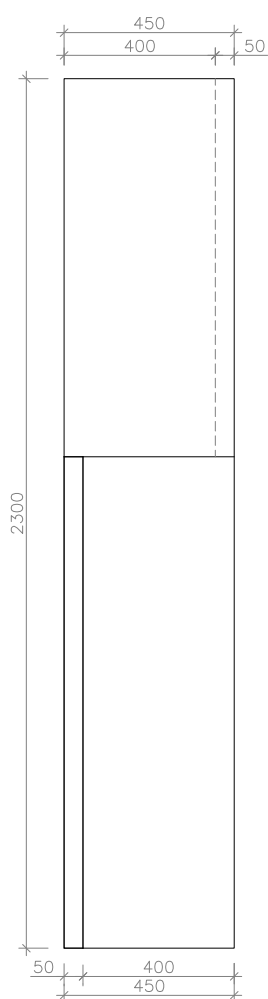


PROJEKTIO SIVUSTA

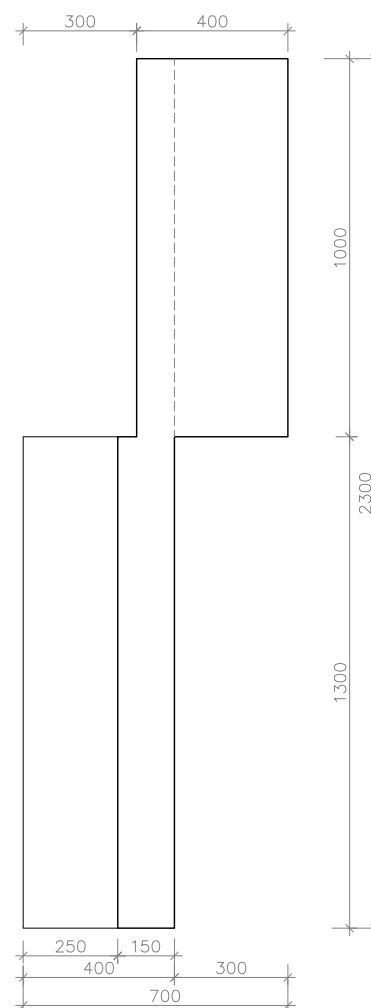
53. Vaaka-asennus. Työpiirros 1:20.



PROJEKTIO YLHÄÄLTÄ

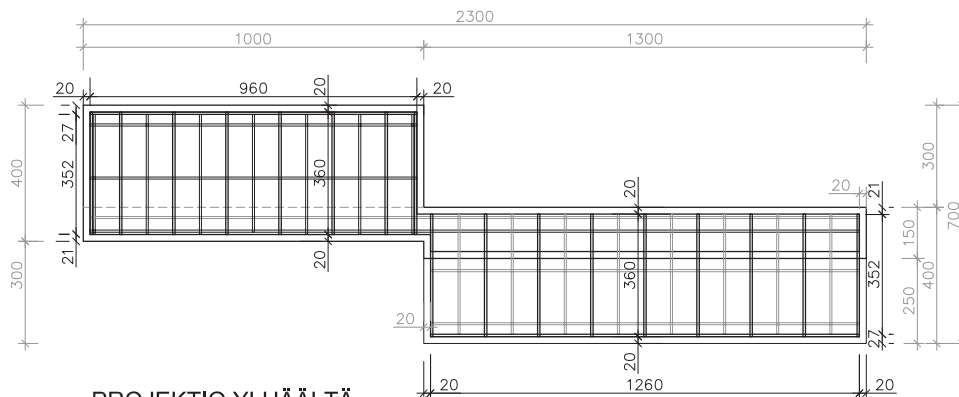


PROJEKTIO SIVUSTA

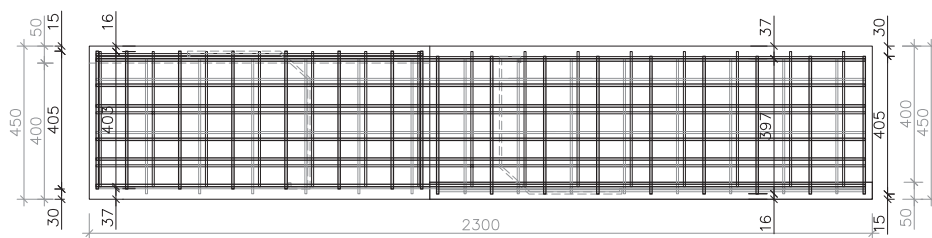


PROJEKTIO EDESTÄ

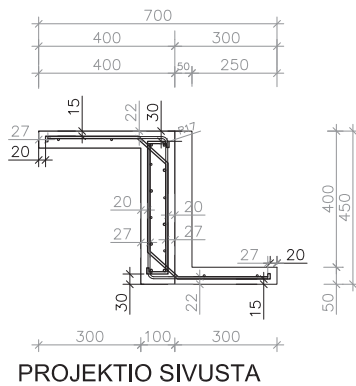
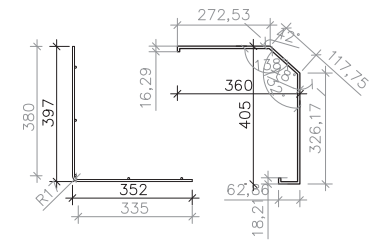
54. Pystyasennus. Työpiirros 1:20.



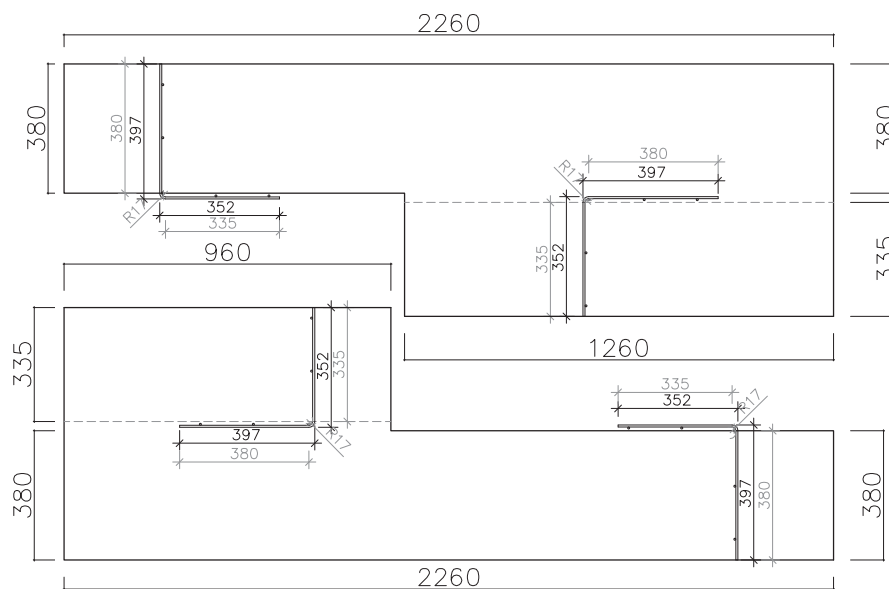
PROJEKTIO YLHÄÄLTÄ



PROJEKTIO EDESTÄ



PROJEKTIO SIVUSTA



VERKOT
PROJEKTIO YLHÄÄLTÄ
LEIKKAUSKAAVIO

55. 56. 57. ja 58. Rauditus. RST-teräsrakenne. Harjateräkset haat 7 mm halkaisija ja RST-teräsverkko 5 mm x 5 mm, silmäkoko 150 mm.



Mitattu leviämä, eli betonin notkeus 690 mm.

690 mm / luokka SF2. (BY 50, 247-248.)

Valulämpötila 22,8 oC.

Puristuslujuus:

3 päivän päästä 38,6 Mpa

7 päivän päästä 48,1 Mpa.

10.3 Muotti

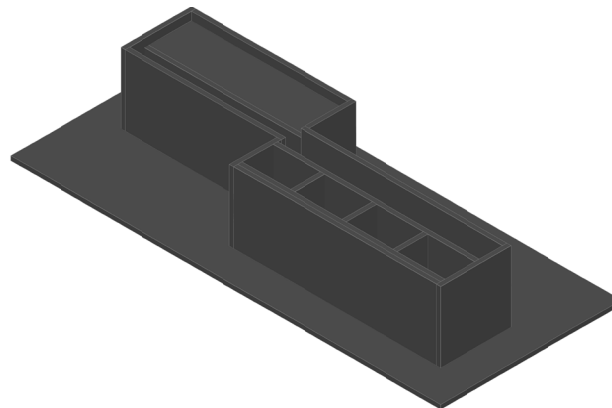
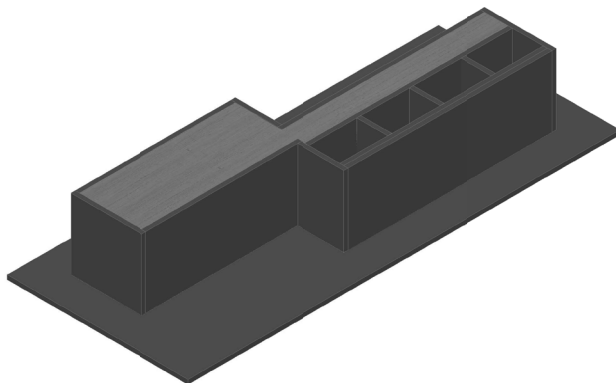
Muotti valmistetaan 27 mm paksuisesta Koskisen KoskiForm muottivanerista. Siinä on erittäin kestävä pinnoite ja sillä voidaan valaa 2-3 kertaa ilman muotin irrotusainetta. KoskiForm on korkealaatuinen molemmiin puolin fenolifilmillä pinnoitettu vanerilevy. Siinä on sileä ja kulutusta kestävä pinta. Levy kestää hyvin kulutusta ja pysyy suorana, kosteuden vaihteluista huolimatta. (Koskisen Oy, KoskiForm 2015.) Koivuvaneri on lujuudeltaan kestävin ja kuusivaneri heikoin. (Pahkala & Vuorinen 2015, 526). Tässä muotissa

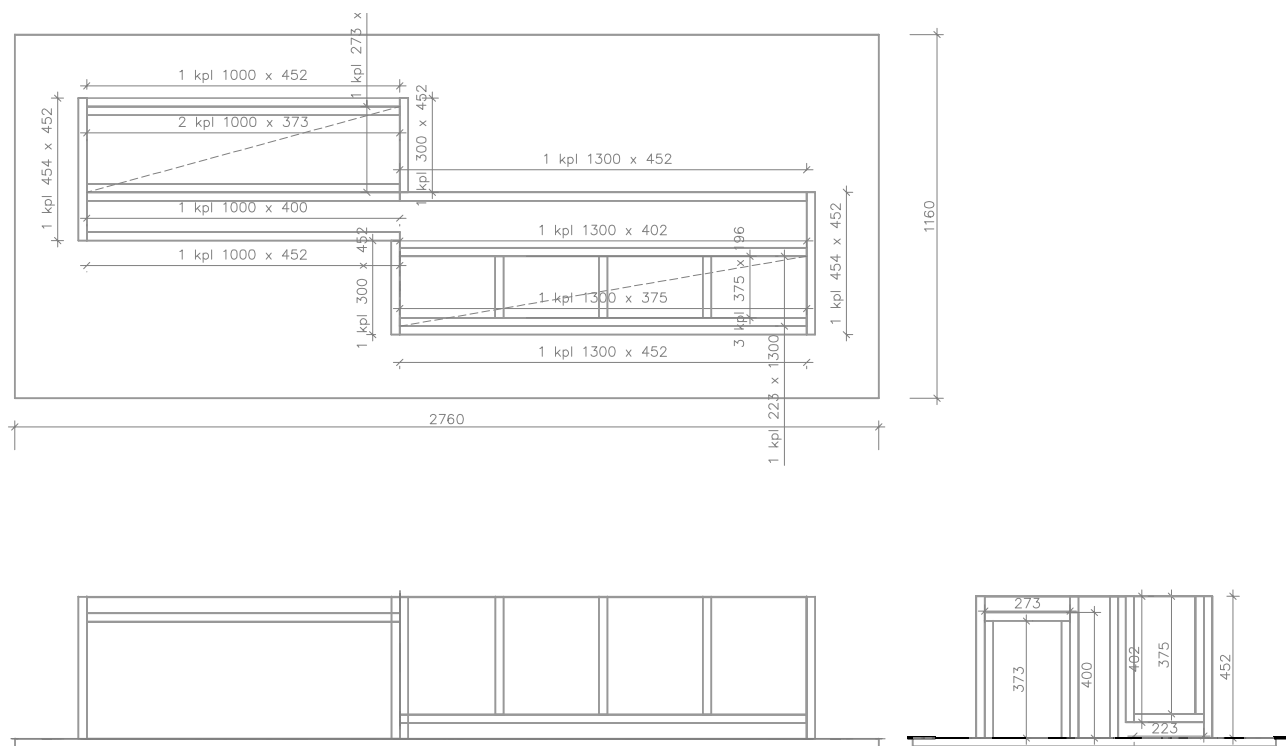
käytetään koivuvaneria.

Muottilevyjen saumakohdat ja niiden päätyosat jäävät aina näkyviin betonipinnassa. (Pahkala & Vuorinen 2015, 525). Muottia suunniteltaessa täytyy myös ottaa huomioon, miltä puolelta levyt ruuvataan kiinni tosiinsa, jotta muotti on avattava. Pohjalevyyn muotti kiinnitetään puisilla listoilla, jotka myös tukevat alaosa. Yläosa muotista pitää tukea puristimilla, jotta se ei leviä valun paineesta.

Muotti tehdään osissa ja suljetaan jälkikäteen, jotta raudoituksen voi laskea muottiin. Ensimmäisessä koekappaleessa rauditus pujotettiin muotin sisälle avoimesta päädyistä, mutta raudoituksen paikoilleen asemoiminen tällä tavalla oli liian hankalaa. Ensimmäisen valun jälkeen muottia piti myös muuttaa niin, että vanerin päädyistä jäävät jäljet on nyt tarkemmin suunniteltu. Tukien määrää piti myös lisätä.

Muotin alaosaan täytyy porata 6 kpl ilmareikiä, jotka samalla toimivat tarkastus aukkoina, joista voidaan nähdä täyttykö muotti kunnolla. Muotin pinnan





59. 60. ja 61. Valumuotit.



tulee olla tasan valettavan pinnan kanssa, jotta betonin pinta voidaan tasoittaa valun jälkeen. Tässä tapauksessa muotti on 2 mm korkeampi, jotta jälkikäsitelly hionta onnistuu.

Jos jatkossa aletaan valmistamaan useita kappaleita, käytetään metalli muottia.

10.4 Kiinnitykset

Kiinnityksissä käytetään Peikko Groupin Sumo seinäkenkiä, SUMO 16H. (Peikko Group. Sumo seinäkenkä esite 2015; Vinberg 2015.) Vastakappaleet kun alla oleva betonilaatta valetaan joko tehtaalla tai paikan päällä, tyssätty peruspultti,

HPM16L. (Peikko Group. HPM Rebar anchor bolts 2015; Vinberg 2015.) Jälkiasennuksessa käytetään samoja pultteja, tärkeää on, että asennusaukkoa tehtäessä betonin pintaan jää tartuntaprofiili johon jälkivalettu betoni voi tarttua. Tartuntaprofiili tarkoittaa sitä, että betonin pintaan jää tarpeeksi karhea pinta johon uusi betoni pääsee tarttumaan. (Vinberg 2015; Jälkivalettavat PDF 2015.)

Kiinnitysosat asemoidaan ja kiinnitetään muottiin sen mukaan, mikä asennusasento on kyseessä. Seinäkengät sidotaan kiinni teräsrunkorakenteeseen sidelangoilla.



62. Kiinnitysosat Peikko Group.

10.5 Valu

Valun tulee tapahtua yhdellä kertaa, jotta muotin alaosa täyttyisi kunnolla. Siihen tarvitaan riittävä paine, jotta se onnistuu. Valun keskeytyksestä voi myös tulla näkyviin jäävä raita lopulliseen betonipintaan. Valun jälkeen betonin pinta tasoitetaan muotin yläosasta puurimalla.

Valun jälkeen penkit pitää peittää muovikalvolla, jotta kuivuminen ei olisi niin nopeaa. Muotin voi avata jo kahden päivän päästä valusta, seitsemän päivän jälkeen betoni on saavuttanut lopullisen lujuuden. Silloin myös muovit voi ottaa kokonaan pois.



63. Ensimmäinen koevalu.



64. ja 65. Lopullisten kappaleiden valaminen ja pinnan tasoitus.



10.6 Jälkikäsittely

Yläpinta hiotaan ensin timattilaikalla ja sitten

käsin hiontakivella niin, että kivet tulevat näkyviin ja määräävät pinnan värin. Hiontasyvyys 2 mm. Kiillotusaste matta. Kulmat viistetään hiontakivella.



66. Hiontatyö.



67. ja 68. Valmiit kappaleet ja hiottu pinta.



11. Johtopäätökset ja pohdinta

"Luovuus on uuden luomista vanhoista aineksista."
(Hägglund, Nykyaikaisen taiteen museo 1989, 12.)

Arvot ja tyyli muuttavat taiteessa ja muotoilussa vaihtuvat. Suunnittelussa ja taiteessa on aina myös mielipidekysymys mikä on kaunista.

Tässä projektissa olen mielestäni hyvin pystynyt yhdistämään minimalistisen taiteen yksinkertaiset muodot uudella tavalla ajateltuna kalustesuunnitteluun. Tekemään tilallisen kokonaisuuden yksinkertaisilla keinoilla.

Penkki on kaunis ja toimiva yksittäisenä kappaleena. Yksinkertaisella keinolla, kappaletta kääntämällä voidaan kuitenkin tehdä kokonaan

uutta ja erilaista muotoilua. Penkki ei voi olla pelkästään taidetta, koska sen pitää olla käytettävä, mutta tämä kaluste on myös tilallinen ja veistoksellinen kokonaisuus ja kokemus. Penkkijärjestelmä on nyt toimiva kaikissa lähtökohtina olleissa käyttötarkoituksissa. Eri kokoamisvaihtoehtoja on lukuisia, penkin mitoitus ja ulkonäkö takaavat sen, että kokonaisuudet ovat aina hallittuja.

Yksi kappale on kaunis, pelkistetty esine, mittakaavaltaan hallittu kokonaisuus. Yksinkertaisen, suorakulmaisen ja pelkistetyt ulkonäön mahdollistaa sisäpuolella oleva tarkoin harkittu teräsrakenne. Olen halunnut säilyttää kappaleen suorakulmaiset muodot kaikilta osin, vaikka pienet pyöristykset kulmissa olisivat rakenteellisesti auttaneet kestävyyyteen. Käytössä ja mahdollisesti tulevaisuuden rakennetesteissä nähdään miten hyvin kulmat kestävät rasitusta.



69. Penkki käännettynä niin, että 1300 mm leveä istuinosa on ylöspäin. Valussa muotin alaosa.



70. 71. ja 72. Penkki käännettynä 1000 mm leveä istuinosa ylöspäin. Yksi lineaarinen ja suora asennusvaihtoehto.



Tuote on valmistuskustannuksiltaan ja eri valmistusvaiheiltaan järkevä. Asennustavat ovat helposti toteutettavissa, kiinnitykset ovat myös toimivat ja kestävät.

Complete -penkkijärjestelmä on uusi tapa tehdä hienoa, erilaista, kaunista sekä viihtyisää ja käytössä toimivaa julkista ulkotilaa.

Uusi ja erilainen tapa luoda tilaa erilaisiin ulkotiloihin ja ajatella kalustamista uudesta näkökulmasta.

Suomessa julkiseen ulkotilaan suunniteltaessa tuntuu, että käytännöllisyys on ainoa arvo ja muiden asioiden täytyy alistua sille. Olen halunnut tehdä tämän lopputyön niin, että olen mahdollisuuksien mukaan huomionnut julkista ulkotilaa koskevat ongelmat, mutta kuitenkin ensisijassa halunnut säilyttää oman alkuperäisen ideani. Sen avulla voidaan mielestäni tehdä parempia, viihtyisämpiä ja toimivampia ratkaisuja julkisiin ulkotiloihin.

Parin ensimmäisen luonnoksen jälkeen minulle oli selvää, minkälaisen haluan tämän penkin olevan, sen jälkeen loppuosa suunnittelusta on ollut ratkaisujen löytämistä yhdessä valmistajan ja rakennesuunnittelijoiden kanssa. Rakenteeseen ei ulkomuodollisesti tullut isojakaan muutoksia kestävyiden takia.

Yritysyhteistyön aikana on tullut paljon selvemmäksi mikä on suunnittelijan rooli, kun kalusteita suunnitellaan ja valmistetaan. Käytännöllisyys ja toimivuus ovat ensisijaisia seikkoja, mutta ne eivät saa sulkea pois kokonaisuuteen, ulkomuotoon ja visuaalisiin asioihin ja arvoihin liittyviä asioita. Yritykselle kiitos siitä, että olen saanut vapaasti tehdä tämän suunnitelman. Itse olen halunnut käydä läpi ja huomioida kaupalliset, tuotannolliset, tekniset ja asennukseen liittyvät asiat, jotka ovat vaikuttaneet lopputulokseen. On hienoa, että olen päässyt näin tekemään, koska yleensä valmistaja määrää kustannuksellisista tai tuotannollisista



syistä monet asiat, mitkä on mahdollista suunnitelmassa tehdä.

Opinnäytetön tekeminen on ollut hieno projekti. Mahdollisuus toimia erialojen asiantuntijoiden kanssa yhteistyössä. Suunnitteluvaiheessa valmistajan ja rakennesuunnittelijoiden kanssa. Tässä projektissa tuote oli sellainen, mitä valmistaja tai rakennesuunnittelijat eivät normaalisti työssään suunnittele tai tuota. Yksittäinen erikoistapaus, jossa jokaisessa suunnitteluvaiheessa on täytynyt miettiä ratkaisut, jotka eivät ole valmiita ja yleisesti käytössä olevia tapoja.

Valmistusvaiheessa betonitoimittajan asiantuntijan kanssa ja työntekijöiden kanssa, jotka valavat betonista joka päivä, tekevät sen raudoituksen ja muut tekniset yksityiskohdat.

On ollut hyvä, että yhteistyöyritykset ovat olleet yrityksiä, jotka normaalisti toimivat rakennusteollisuuden puolella, koska tämä penkkijärjestelmä ei ole perinteinen tapa suunnitella ja valmistaa kalusteita. Missään vaiheessa ei ole kyseenalaistettu sitä, etteikö suunnitelma olisi toteutettavissa, ennemminkin puhuttu kevyestä rakenteesta, vaikka yhden kappaleen paino on 450 kg. Painon ja pystyasennuksen takia ratkaisujen on täytynyt olla kestävämpiä rakenteellisesti ja kiinnityksien osalta, mitä perinteisissä kalusteissa.

Se että olen ollut mukana, myös käytännössä, tekemässä valmistuksen jokaista eri vaihetta, on

opettanut paljon betonista materiaalina. Antanut tietoa sen muotoiluun, eli muotin suunnitteluun ja valmistamiseen, raudoituksen tekemiseen ja sen ominaiseen tapaan käyttäytyä ihan eri tavalla, mitä lukemalla voi saada. Betoni todella on haastava materiaali ja sen käyttäjältä vaaditaan ammattitaitoa, koska pienimmätkin asiat vaikuttavat lopputulokseen, esimerkiksi jo pelkästään se, että valu keskeytetään hetkeksi.

Tässä vaiheessa tuote on vielä prototyyppi. Valussa ja runkorakenteessa on vielä korjattavaa. Muotin alaosa ei vielä täytynyt kunnolla ja teräsrakenne sisällä on nyt mitoitettu niin tarkasti, että se vaatii leikattavan teräsverkon kääntelyä ja rakenteen paikoilleen asettaminen muottiin vie liikaa aikaa. Kiinnityksien osalta on myös vielä mietittävää, minkä tyyppisiä kiinnitysosia käytetään, mutta pääperiaate kiinnityksissä on nyt toimiva. Kaikki ongelmat ovat pieniä yksityiskohtia, jotka ovat ratkaistavissa jatkossa.

Lopputulokseen olen erittäin tyytyväinen, tuote on nyt kaikin tavoin sellainen, jonka sen halusin olevan. Taiteellisilta lähtökohdiltaan, valmistuksellisesta näkökulmasta ja käyttöön liittyvältä kannalta.

Nähtäväksi jää, tuleeko tämä suunnitelma olemaan teollisesti sarjavalmistettava penkkijärjestelmä vai yksittäinen näyttelyssä esillä ollut tilallinen teos. Minulle se on molempia.



73. Näyttelyä varten tehty koeasennus.



74. Avoin ulkoilma näyttely Designmuseon edessä olevalla aukiolla, ajalla 3.9. - 25.9.2015.

12. LIITTEET

LIITE 1:

Structural report 30.8.2015.

LIITE 2:

Structural report, final 7.9.2015.

13. LÄHTEET JA KIRJALLISUUS

PAINAMATTOMAT LÄHTEET:

Petri Arponen, Helsingin kaupunki rakennusvirasto. Sähköpostikeskustelu 30.3.2015.

Kokousmuistio 11.11.2014. Marinetek Oy.

Kokousmuistio 20.3.2015. Marinetek Oy.

Kokousmuistio 26.6.2015. Marinetek Oy.

Kokousmuistio 5.11.2015. Aalto -yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.

Kokousmuistio 24.3.2015. Aalto -yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.

Kokousmuistio 20.5.2015. Aalto -yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.

Kokousmuistio 3.7.2015. Aalto -yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu.

Mauri Komulainen, Lujabetoni. Sähköpostikeskustelu 19.8.2015.

Matti Vinberg, Peikko Group. Sähköpostikeskustelu 28.7 - 14.8.2015.

Jälkivalettavat HPM_L.PDF.

KIRJALLISET LÄHTEET:

Liquid Stone, New Architecture in Concrete.

Jean-Louis Cohen and G. Martin Moeller. Jr. Birkhäuser-Publishers for Architecture. Basel, Berlin, Boston 2006.

BY 50, Betoninormit 2012. Suomen Betoniyhdistys r.y. Esa Print Oy. Lahti 2012

Betonirakentaminen 1992. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Arkkitehtuurin osasto Rakennussuunnittelun laitos. Toimittanut Kari Salonen. Julkaisu 3. Tampere 1992.

BY 40, betonirakenteiden pinnat, luokitusohjeet 2003. Suomen Betoniyhdistys ry. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki 2003.

Art in Time, A World History of Styles and Movements. Phaidon Press Inc. 2014. Lontoo 2014.

Moderni Taide. Amy Dempsey. Englannin kielinen alkuteos: Styles, Schools and Movements An Encyclopaedic Guide to Modern Art. Thames & Hudson. Lontoo 2002. Sivut 1-171 suomentanut Jaana Iso-Markku ja sivut 172-295 suomentanut Raija Mattila. Suomenkielinen laitos, Kustannusosakeyhtiö Otava. Kiina 2003.

Minimalism, art and polemics in the sixties. James Meyer. Yale University Press, New Haven and London. Kiina 2001.

Destination Art. Amy Dempsey. Thames & Hudson. Lontoo 2006.

Donald Judd. David Raskin. Yale University Press New Haven and London. Singapore 2010.

Donald Judd, Räume, Spaces. Catalogue. Museum Wiesbaden 1993.

Richard Serra Sculpture: Forty Years. Kynaston McShine, Lynne Cooke. The Museum of Modern Art 2007.

Designing the High Line, Gansevoort Street to 30th Street, Friends of the High Line. New York 2008.

Design and Art. Edited by Alex Coles. Documents of Contemporary Art. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts 2007.

Synnyt, nykytaiteen lähteitä. Nykytaiteen museo. Toimituskunta: Juhana Blomstedt, Jaakko Lintinen, Yrjänä Levanto, Juhani Pallasmaa, Timo Valjakka. Helsinki 1989.

VERKKOLÄHTEET:

Rudus Oy, betonikoulu. Osa 2, mitä betoni on. Verkkodokumentti. <<http://www.rudus.fi/aineistot/rudus-koulut/betonikoulu/osa-2-mita-betoni-on->> Luettu 27.4.2015.

Rudus Oy, betonikoulu. Osa 3, betonin valinta. Verkkodokumentti. <<http://www.rudus.fi/aineistot/rudus-koulut/betonikoulu/osa-3-betonin-valinta>> Luettu 27.4.2015.

Rudus Oy, itsetiivistyvä betoni. Verkkodokumentti. <www.rudus.fi/Download/24643/Itsetiivistyvä%20betoni%20ITB.pdf> Luettu 27.4.2015.

Rudus Oy, betonikoulu. Osa 4, kuitubetoni. Verkkodokumentti. <<http://www.rudus.fi/aineistot/rudus-koulut/betonikoulu/osa-4-kuitubetoni>> Luettu 27.4.2015.

Sara McGillivray, Illumin. Translucent concrete. Verkkodokumentti. <<http://illumin.usc.edu/245/>

[translucent-concrete-an-emerging-material/](http://illumin.usc.edu/245/translucent-concrete-an-emerging-material/)> Luettu 14.8.2015.

Betoni, betoni ja kestävä kehitys. Verkkodokumentti. <<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys>> Luettu 14.8.2015.

Betoni, betonin esteettisyys. Verkkodokumentti. <<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/betonin-esteettisyys>> Luettu 14.8.2015.

Betoni, betonin lujuus. Verkkodokumentti. <<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/betonin-lujuus>> Luettu 14.8.2015.

Lafarge, Ductal. Verkkodokumentti. <<http://www.lafarge.com/en/ductal>> Luettu 14.8.2015.

Graphic Concrete, ohjeet. Verkkodokumentti. <<http://www.graphicconcrete.com/fi/ohjeet/>> Luettu 15.8.2015.

Graphic Concrete, tuotteet. Verkkodokumentti. <<http://www.graphicconcrete.com/fi/tuotteet/>> Luettu 15.8.2015.

Rudus Oy, julkisivujen pinta- ja värimallit. Verkkodokumentti <<http://www.rudus.fi/tuotteet/julkisivuelementit/julkisivujen-pinta-ja-varimallit>> Luettu 14.8.2015.

Mirja Pakkala ja Pekka Vuorinen, Rakennustieto Oy. Paikallavaletut betonipinnat. Verkkodokumentti <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf>> Luettu 14.8.2015.

Koskisen Oy, KoskiForm muottivaneri. Verkkodokumentti <<http://www.koskisen.fi/tuotteet/vanerituotteet/koski-form-muottivaneri>> Luettu 14.8.2015.

Guggenheim. Collections online. Verkkodokumentti. <<http://www.guggenheim.org/new-york/>

collections/collection-online/artwork/1739> Luettu 29.4.2015.

Guggenheim. Collections online. Verkkodokumentti. <<http://www.guggenheim.org/new-york/collections/collection-online/artwork/1741>> Luettu 29.4.2015.

Judd Foundation. New York. Verkkodokumentti. <http://www.juddfoundation.org/new_york> Luettu 29.4.2015.

Judd Foundation. Judd and Marfa. Verkkodokumentti. <<http://www.juddfoundation.org/JuddAndMarfa.htm>> Luettu 29.4.2015.

Judd Foundation. Furniture. Verkkodokumentti. <<http://www.juddfoundation.org/furniture/judd-furniture>> Luettu 30.4.2015.

Judd Foundation. Furniture. Verkkodokumentti. <<http://www.juddfoundation.org/furniture/wood.htm>> Luettu 30.4.2015.

Judd Foundation. Furniture. Verkkodokumentti. <<http://www.juddfoundation.org/furniture/metal.htm>> Luettu 29.4.2015.

Die Neue Sammlung. A good chair is a good chair. Verkkodokumentti. <http://www.die-neue-sammlung.de/press/?page_id=3739&lang=en> Luettu 16.8.2015.

Guggenheim. Collections online. Verkkodokumentti. <<http://www.guggenheim.org/new-york/collections/collection-online/artwork/1742>> Luettu 28.4.2015.

Chinati Foundation. Collections. Donald Judd. Verkkodokumentti. <<https://chinati.org/collection/donaldjudd2.php>> Luettu 11.9.2015.

Guggenheim. Collections online. Verkkodokumentti. <<http://www.guggenheim.org/new-york/collections/collection-online/artists/bios/1377>>

Luettu 28.4.2015.

Guggenheim. Collections online. Verkkodokumentti. <<http://www.guggenheim.org/new-york/collections/collection-online/artwork/17145>> Luettu 29.4.2015.

Foundation Memorial to the Murdered Jews of Europe. Verkkodokumentti. <<http://www.stiftung-denkmal.de/en/memorials/the-memorial-to-the-murdered-jews-of-europe/peter-eisenman.html>> Luettu 28.4.2015.

Rintala Eggertson Architects. Profiles. Verkkodokumentti. <<http://www.ri-eg.com/profiles/sami-rintala/>> Luettu 16.8.2015.

Rintala Eggertson Architects. Projects 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.ri-eg.com/projects/2008/luoto/>> Luettu 16.8.2015.

Rintala Eggertson Architects. Projects 2006. Verkkodokumentti. <<http://www.ri-eg.com/projects/2006/element-house/>> Luettu 16.8.2015.

Helsingin kaupunki, kaupunkikalusteohje, D istuimet. Rakennusvirasto. Verkkodokumentti. <http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/kaluste/d_2015.pdf> Luettu 21.8.2015.

Helsingin kaupunki, kaupunkikalusteohje. Rakennusvirasto. Verkkodokumentti. <http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/kaluste/koko_ohje.pdf> Luettu 23.8.2015.

Concrete Urban Design. Verkkodokumentti. <<http://www.concrete-urban-design.com/en/index.php>> Luettu 21.8.2015.

Friends of the High Line. Press material. Verkkodokumentti. <<http://www.thehighline.org/press>> Luettu 30.4.2015.

Friends of the High Line. Fact sheet. Verkkodokumentti. <http://assets.thehighline.org/pdf/high_line_fact_sheet.pdf> Luettu 30.4.2015.

Pont du Gard official website. Verkkodokumentti. <<http://www.pontdugard.fr/en/pont-du-gards-second-life>> Luettu 24.8.2015.

Verkkodokumentti. <<http://www.maartenvanseven.be/en/About/Details/2614/pont-du-gard>> Luettu 16.8.2015.

Pont du Gard official website. Verkkodokumentti. <<http://www.pontdugard.fr/en/presentation-works-pont-du-gard>> Luettu 23.8.2015.

Dunne & Raby. Projects. Verkkodokumentti. <<http://www.dunneandraby.co.uk/content/projects>> Luettu 16.8.2015.

Dunne & Raby. Projects. Verkkodokumentti. <<http://www.dunneandraby.co.uk/content/projects/10/0>> Luettu 15.8.2015.

Kimmo Oksanen & Juhani Niiranen. Helsinki rakentaa myös esteitä liikkumiseen. Helsingin sanomat 17.4.2015. Verkkodokumentti <<http://www.hs.fi/paivanlehti/kaupunki/arkisto>> Luettu 21.8.2015.

Betoni. Meteor Gfarc-betoninen penkkijärjestelmä. Verkkodokumentti. <www.betoni.com/Download/24368/BET1304_74-75.pdf> Luettu 27.8.2015.

Peikko Group. Sumo seinäkenkä esite. Verkkodokumentti. <<http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=54202&org=2&chk=8cc057ec>>. Luettu 30.7.2015.

Peikko Group. HPM Rebar anchor bolts. Verkkodokumentti. <<http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=64531&org=2&chk=b3032a61>> Luettu 30.7.2015.

KUVALÄHTEET:

1. Oma valokuva 2015.
2. <http://www.betoniluoma.com/media/tiedostot/betonipinnat/cache/pesubetonipinta-luonnonsora-800x700.jpg>
3. <http://www.betoniluoma.com/media/tiedostot/betonipinnat/cache/harjattu-betoni-800x700.jpg>
4. http://asv.fi/files/images/pics/pintavaihtoehtot/telattu_pinta.jpg
5. <http://www.betoniluoma.com/media/tiedostot/betonipinnat/cache/osittain-hiottu-ja-hakattu-pinta-800x700.jpg>
6. http://theredlist.com/media/database/fine_arts/sculpture/20_th_century/after_1945/abstract/donald_judd/001-donald-judd-theredlist.jpg
7. http://theredlist.com/media/database/fine_arts/sculpture/20_th_century/
8. [after_1945/abstract/donald_judd/002-donald-judd-theredlist.jpg](http://theredlist.com/media/database/fine_arts/sculpture/20_th_century/after_1945/abstract/donald_judd/002-donald-judd-theredlist.jpg)
9. http://thewarehousedallas.org/sites/default/files/styles/gallery_images/public/judd_untitled1970.JPG?itok=hA4Y6bLV
10. <http://4.bp.blogspot.com/-6T8iyZgOjWc/>
11. <https://chinati.org/images/collection/judd/sheds/SShedAM1.jpg>
12. <https://c1.staticflickr.com/>
13. http://media.npr.org/assets/img/2012/08/01/marfa_wide-1aa75069b02e21050afbfb790df4be6146deda78.jpg?s=1400
14. http://3.bp.blogspot.com/-ipeSfU8mFms/UaP56zbBI-I/AAAAAAAAAwQ/dUrwCiawSBA/s1600/345383661_b12b9f33a5_o.jpg
15. https://sculpturalthings.files.wordpress.com/2013/08/023_judd_pdm.jpg

16. <http://www.jasperconran.com/sites/default/files/NEWS-Judd-at-Conran.jpg>
17. http://www.die-neue-sammlung.de/press/wp-content/uploads/2011/07/013_judd_pdm.jpg
18. http://images.guggenheim-bilbao.es/src/uploads/2012/05/Serra_R_Torsion-espiral-derecha-izquierda-Torqued-Spiral-Right-Left_2003%E2%80%939304.jpg
19. http://images.guggenheim-bilbao.es/src/uploads/2012/05/Serra_R_Torsion-espiral-izquierda-abierta-derecha-cerrada-Torqued-Spiral-Open-Left-Closed-Right_2003%E2%80%939304.jpg
20. <http://www.davidzwirner.com/exhibition/equal/page/1/>
21. <http://www.davidzwirner.com/exhibition/equal/page/3/>
22. <http://www.saravernia.com/wp-content/uploads/2013/11/Holocaust-Memorial-Peter-Eisenman-by-Sara-Vernia.jpg>
23. <http://static.panoramio.com/photos/large/5364563>.<https://fillingmymapdotcom.files.wordpress.com/2013/02/berlin-memorial-21.jpg>
24. <http://www.casafacile.it/images/2015/04/28/184808026-d97ec67a-f39e-4ca0-93da-9829ed3fe8c0.jpg>
25. http://www.ri-eg.com/files/gimags/107_rintala_eggertsson_luoto_danesemilano13.jpg
26. http://www.ri-eg.com/files/gimags/107_rintala_eggertsson_luoto_danesemilano12.jpg
27. <http://img.archilovers.com/projects/B4B01B67-756F-4341-A89D-69A5DB0CDD1E.jpg>
28. <http://www.minimalisti.com/wp-content/uploads/2011/12/Element-house-interior-design.jpg>
29. http://static.dezeen.com/uploads/2011/01/dzn_BGU-University-Entrance-Square-and-Art-Gallery-by-Chyutin-Architects-0.jpg
30. http://www.concrete-urban-design.com/en/products_boomer-one.php
31. www.betoni.com/Download/24368/BET1304_74-75.pdf
32. http://theredlist.com/media/database/architecture/across_the_landscape/diller-scofidio-renfro/diller-scofidio-renfro-highline-nyc/003_diller_scofidio_renfro_highline_nyc_theredlist.jpg
33. http://copenhagenarchitecturefestival.com/film/wp-content/uploads/2014/02/High-Line_StuckinCustoms_cropped.jpg
34. Maiju Uski. High Line. Valokuva huhtikuu 2015.
35. http://theredlist.com/media/database/architecture/across_the_landscape/diller-scofidio-renfro/diller-scofidio-renfro-highline-nyc/003_diller_scofidio_renfro_highline_nyc_theredlist.jpg
36. <http://www.flowersway.com/var/user/4/i/pdg2.jpg>
37. <http://www.maartenvanseveren.be/en/About/Details/2614/pont-du-gard>
38. http://basel2013.designmiami.com/images/content/design_sets/97-DMB13-review-20130301090737-Niebla_1.jpg
39. <http://archivonline.org/wp-content/uploads/2013/08/robotallgirlcopy.jpg>
40. SITMe näyttely 2012. Valokuva liro Muttilainen.
41. Oma piirros 2015.
42. Oma valokuva 2015.
43. - 46. Oma visualisointi 2015.
47. - 48. Oma piirros 2015.
49. - 51. Oma visualisointi 2015.
52. Piirros Aisha Ambreen 2015.

53. - 54. Oma piirros 2015.

55. Oma piirros 2015.

56. - 58. Oma valokuva 2015.

59. - 60. Oma piirros 2015.

61. Oma valokuva 2015.

62. - 73. Oma valokuva 2015.

74. Valokuva liro Mutttilainen 2015.

KIRJALLISUUTTA:

Taide kokemuksena. John Dewey. Suomentaneet Antti Immonen ja Jarkko S. Tuusvuori. Niin & Näin. Tampere 2010.

Donald Judd. David Raskin. Yale University Press New Haven and London 2010.

Modern Landscape. Michael Spens. Phaidon Press Limited. Lontoo 2003.

Dictionary of Today's Landscape Designers. Pierluigi Nocolin, Francesco Repishti. Skira Editore. Milano 2003.

Groundswell. Constructing the Contemporary Landscape. Edited by Peter Reed. The Museum of Modern Art. New York 2005.





BENCH STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN

DATA USED

- All the loads in kN/m^2 are calculated using the average weight of Finnish Person

Average weight of Finns = 82kg

- Density of concrete can vary little bit depending on concrete type but here it is taken as
Density of concrete = 2300 kg/m^3 (may vary little bit)
- 28 days compressive Strength of concrete for these Calculations is 30MPa
- Geometrical Data used for Comsol

Block Number		x	y	z
Block 1	Size	1.3	0.4	0.05
	Position	0	0	0
Block 2	Size	1.3	0.15	0.4
	Position	0	0	0.05
Block 3	Size	1	0.1	0.4
	Position	1.3	0	0
Block 4	Size	1	0.4	0.05
	Position	1.3	-0.3	0.4

Properties of Normal Concrete

Compressive strength: **20 - 40 MPa** (3000 - 6000 psi) Flexural strength: **3 - 5 MPa** (400 - 700 psi)

Tensile strength: **2 - 5 MPa** (300 - 700 psi) Modulus of elasticity: 14000 - 41000 MPa ($2 - 6 \times 10^6$ psi)

RELATED THEORY

Von Mises Theory

The concept of Von-mises stress arises from the *distortion energy failure theory*. Distortion energy failure theory is comparison between 2 kinds of energies,

- 1) Distortion energy in the actual case
- 2) Distortion energy in a simple tension case at the time of failure

According to this theory, failure occurs when the distortion energy in actual case is more than the distortion energy in a *simple tension case* at the time of failure. Von Mises based failure theory is mostly works well for Engineers especially where the ductile material is used. It suggests that material is more likely to fail if von Mises stresses are more than the material strength.

Maximum Normal Stress Criteria

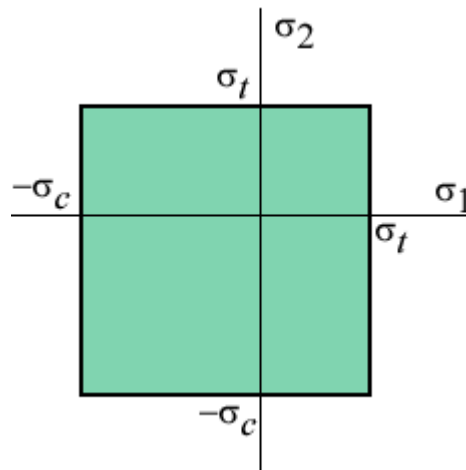
The maximum stress criterion, also known as the normal stress, Coulomb, or Rankine criterion, is often used to predict the failure of brittle materials.

The maximum stress criterion states that failure occurs when the maximum (normal) principal stress reaches either the *uniaxial* tension strength σ_t , or the *uniaxial* compression strength σ_c ,

$$-\sigma_c < \{\sigma_1, \sigma_2\} < \sigma_t$$

where σ_1 and σ_2 are the principal stresses for 2D stress.

Graphically, the maximum stress criterion requires that the two principal stresses lie within the green zone depicted below,



Principal Stresses

"The 1st principal stress gives you the value of stress that is normal to the plane in which the shear stress is zero. The 1st principal stress helps you understand the maximum tensile stress induced in the part due to the loading conditions."

"The 3rd principal stress acts normal to the plane in which shear stress is zero. It helps you understand the maximum compressive stress induced in the part due to the loading conditions."

In substance for one point, there is a plane where the shear stress is zero. The 3 principal stresses define the stress in this point respect the plane and its 3rd direction. The 1st is the largest, the 3rd is the smallest and the 2nd just in the middle

ANALYSIS RESULTS

Sign Conventions

Principal Stresses 11 represents the stresses in x-plane, 22 in y-plane and 33 in z-plane. Sign Conventions in Comsol and Abaqus are defined positive for tension and negative for compression.

Increased Thickness

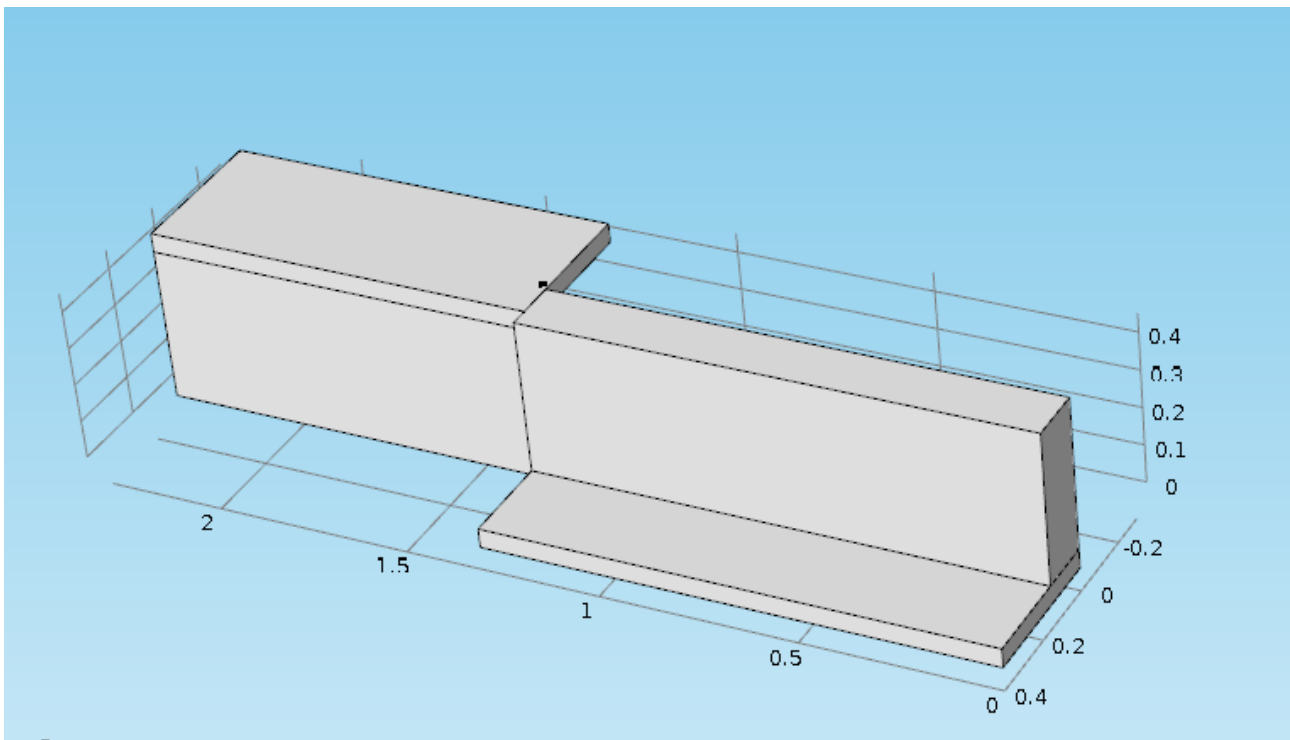
At first bench model had very small thickness of one of its vertical part making it prone to high stresses which could lead to failure in tension causing cracks on the surface.

Principal Stresses	Original (5mm)		With increased thickness (100mm)	
Plane of Stresses	Tension	Compression	Tension	Compression
Stress 11	4	0	1.4	0.2
Stress 22	0.8	1.2	0.3	0.6
Stress 33	0	6	0	2.5

Comments

Tension can be considerably reduced even with small increase in thickness. To avoid the cracking scenario, thickness was increased to 100mm.

Bench fixed on bigger plate



Case 1: Fully loaded on cantilever plate

Load on cantilever = 8.044 kN/m^2 (four persons)

Load on fixed part = 20.626 kN/m^2 (five persons)

Von Mises = 2.14 MPa

Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	1.4	0.2
Stress 22	0.3	0.6
Stress 33	0	2.5

Case 2: Partially loaded on cantilever plate

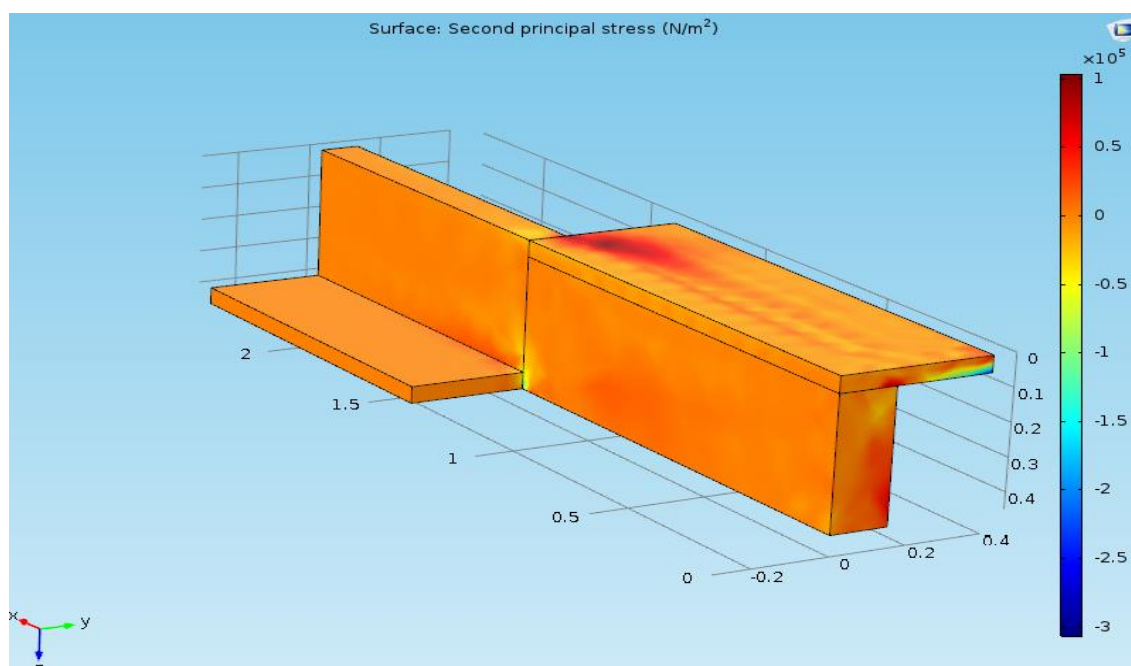
Load on cantilever = 12.066 kN/m^2 (three persons)

Load on fixed part = 20.626 kN/m^2 (five persons)

Von Mises = 1.8 MPa

Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	1.4	0.2
Stress 22	0.3	0.5
Stress 33	0	2

Bench fixed on smaller plate



Case 1: Fully loaded on cantilever plate

Load on cantilever = 7.734 kN/m^2 (five persons)

Load on fixed part = 32.177 kN/m^2 (four persons)

Von Mises = 7 MPa

Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	2	1
Stress 22	0.2	1.4
Stress 33	0	9

Comments

For case 2, stresses are considerably high unless the whole bottom side is fixed for which results are shown as follows:

Von Mises = 0.5 MPa

Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	0.4	0.1
Stress 22	0.1	0.2
Stress 33	0	0.6

Case 2: Partially Loaded on cantilever plate

Load on cantilever = 15.47 kN/m^2 (five persons)

Load on fixed part = 32.177 kN/m^2 (four persons)

Von Mises = 10 MPa

Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	2.5	1
Stress 22	0	1.5
Stress 33	0	9

Comments

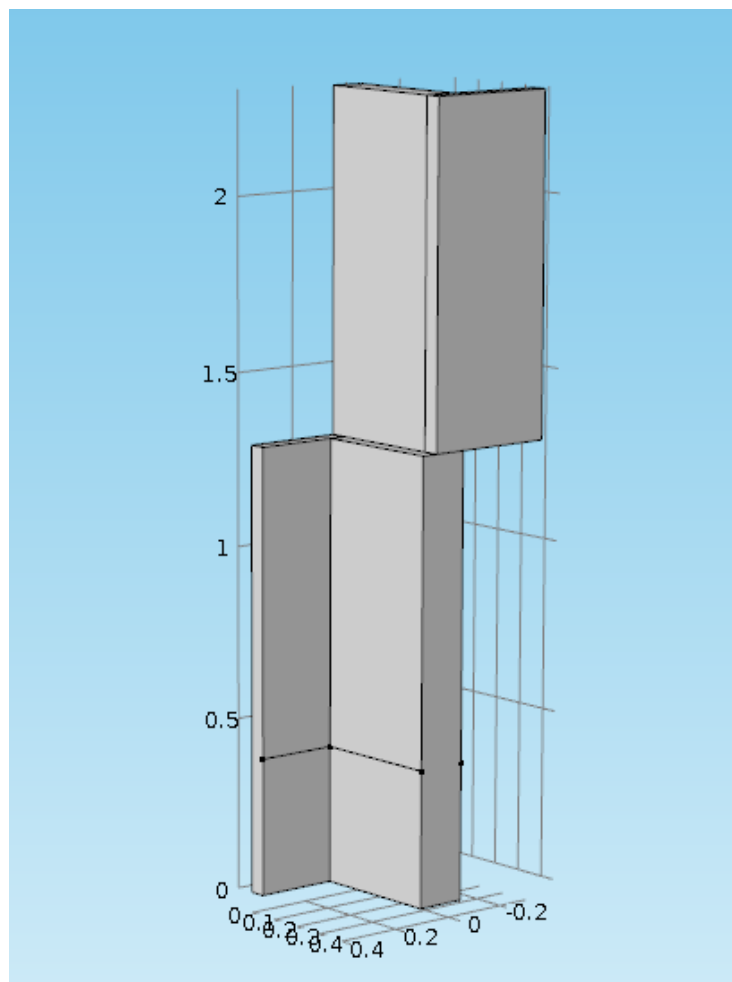
For case 2, stresses are considerably high unless the whole bottom side is fixed for which results are shown as follows:

Von Mises = 1 MPa

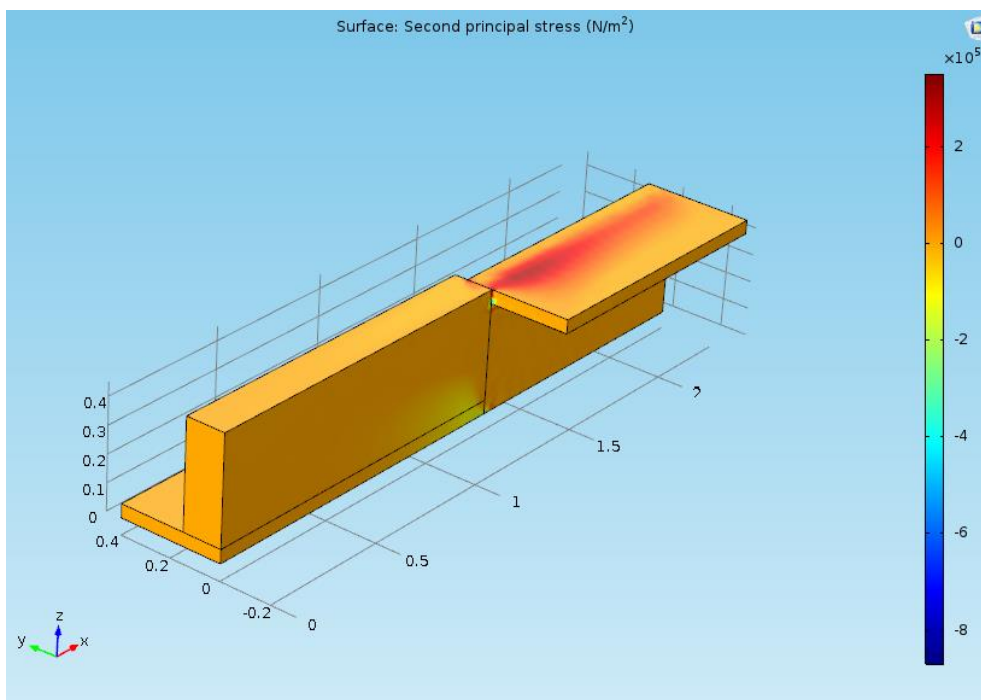
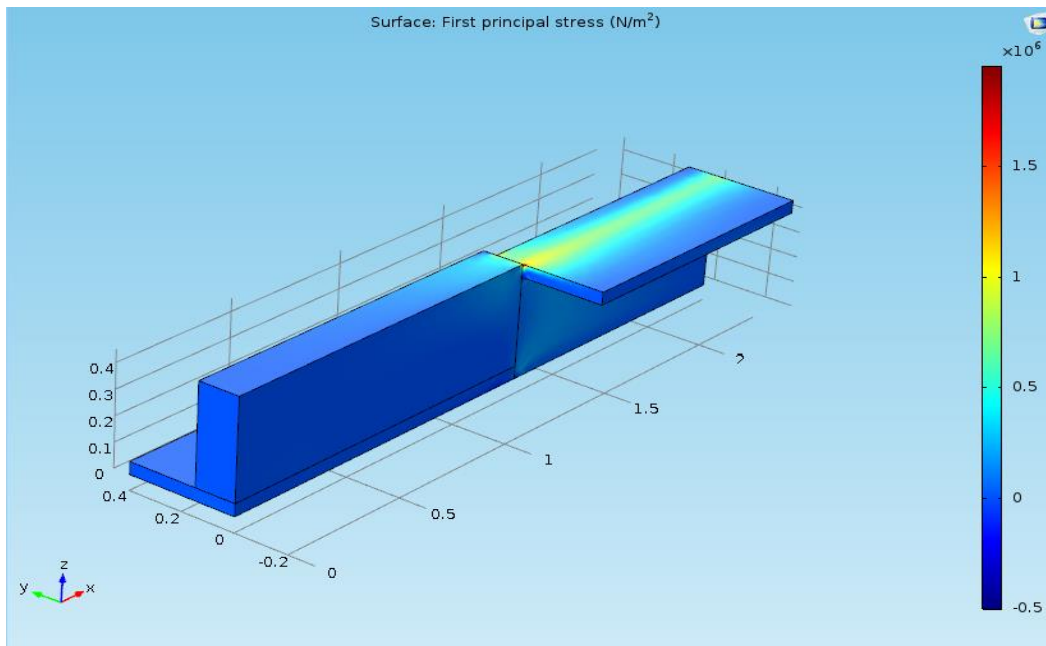
Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	0.8	0.2
Stress 22	0.2	0.3
Stress 33	0	1.2

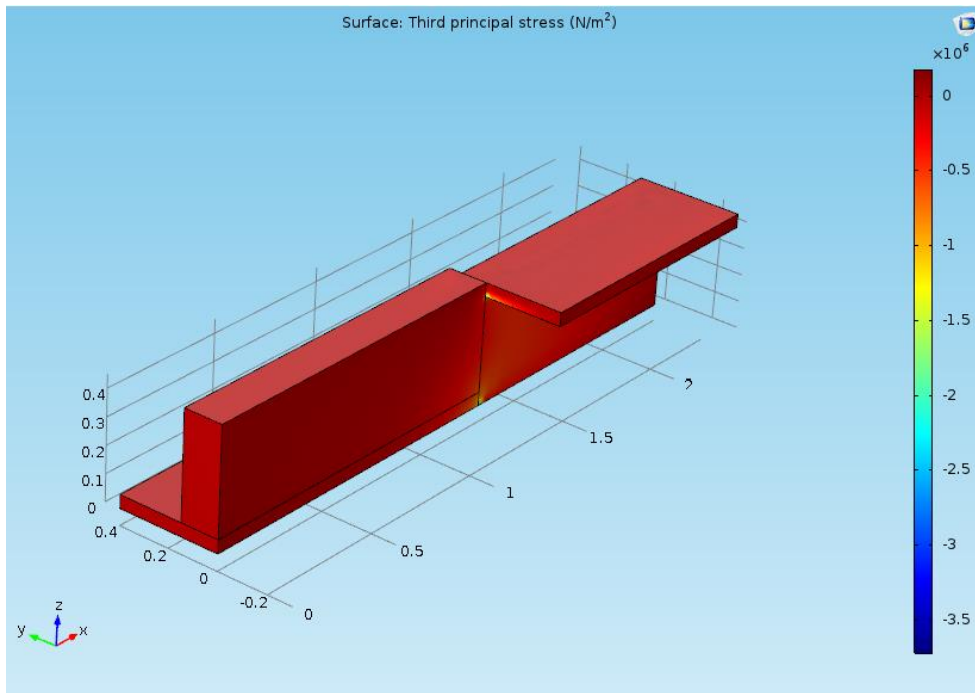
Bench standing vertically (OK)

Eurocode basically defines the wind loading for buildings or other complicated structures like bridges. However, calculations are made considering small factors for wind loading but results are not critical at all. Designed support for this vertical bench should be stiff enough to carry its own weight.



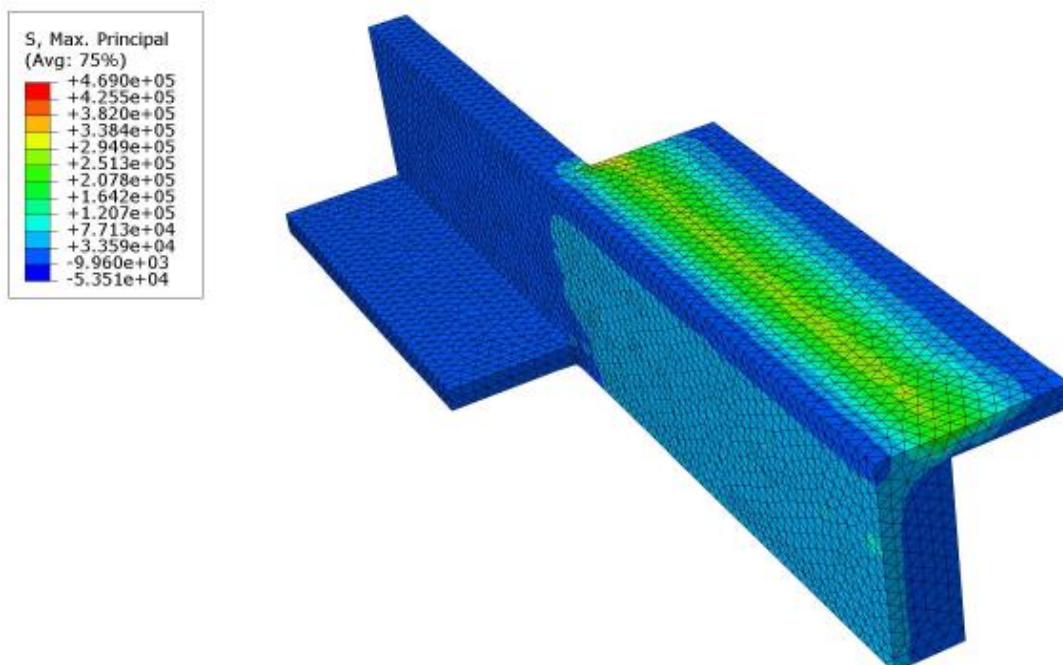
Principal Stresses for Bench fixed on bigger plate





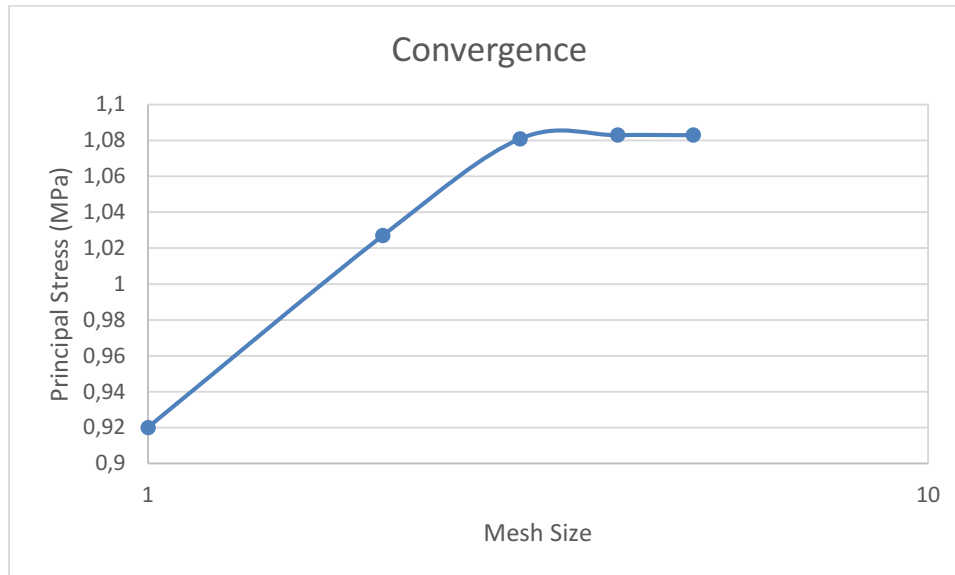
ABAQUS RESULTS

All above results are verified by Abaqus once and also analyzed by replacing sharp corners by smooth arcs, which resulted into further reduction of stresses on corner surface as shown in the picture below.



Convergence Study

It is important to study the convergence of solution to ensure that results are independent of mesh size. For the first bench with bigger fixed plate on some random point with high stresses, principal stress converging with decrease in mesh size is given as



Reinforcement Scheme

Minimum areas

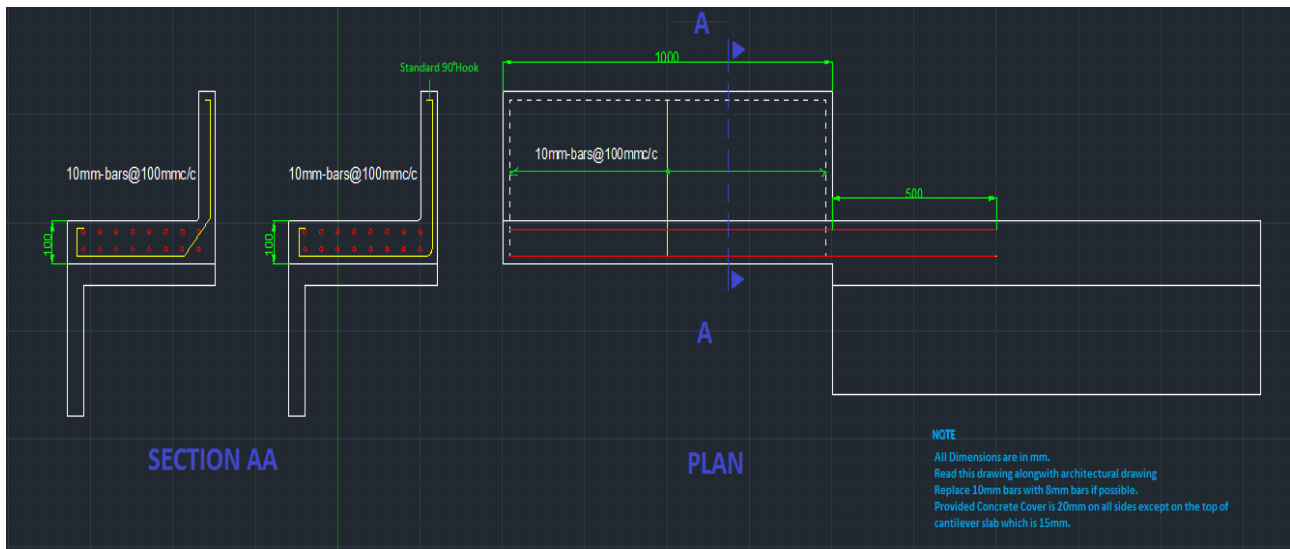
Minimum area of reinforcement:

$$A_{a,min} = 0.26 (f_{ctm}/f_{yk}) b_t d \geq 0.0013 b_t d$$

where

b_t = width of tension zone

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{0.666}$$



- All dimensions for the above drawing are in mm.
- Structural drawing should be read along with architectural drawing.
- Replace 10mm bars with 8mm or 6mm, if available.
- Concrete cover is 20mm for all the cases except the top cover of cantilever slab which is 15mm.
- There are two sections shown in the drawing, alternative yellow bars should be placed according to the two sections.
- Corners could be made smoother using an architectural geometry.
- Plates and nets could also be used along with bars to provide more stiffness.

Reaction forces for Bolts

Reaction on the bolts could vary from 50-120N. Bolts must have enough strength to take any impact load.

Methods of fixing a column

For fixing vertical bench with the raft or foundation beneath the bench, other methods can also be used as given Peikko site.

<http://www.peikko.fi/product-fi/p=HPKM-pilarikenk%C3%A4>

CONCRETE BENCH STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN

Author

Aisha Ambreen

Advisors

Jarkko Niiranen

Alexis Fedoroff

TABLE OF CONTENTS

1. Introduction	2
2. Related Theory.....	3
2.1. Von Mises Theory	3
2.2. Maximum Normal Stress Criteria.....	3
3. Analysis of bench	4
3.1. Data	4
3.2. Analysis Results.....	4
3.2.1. Increased Thickness	4
3.2.2. Case 1	5
3.2.3. Case 3	6
3.2.4. Case 3	7
3.2.5. Principal Stresses	7
3.2.6. ABAQUS RESULTS	9
3.2.7. Convergence Study	9
4. Design of bench.....	10
4.1. Reinforcement Scheme	10
4.2. Connections	11
Appendices	12
Appendix A.....	12
Appendix B.....	13
References.....	18

1. INTRODUCTION

Concrete is a composite material composed of variety of material which makes it highly unpredictable inelastic material and steel is also used very often to control the brittleness of material. Although concrete is usually used for construction and design codes as available in form of American and European standards but the motive of writing this report is to present the analysis and design of a concrete bench carried out by Comsol and simple calculations.

2. RELATED THEORY

Before presenting the analysis results, one must have some understanding of failure criteria because Comsol only gives the numerical values of stresses and shows the location of stresses and displacements. So here are some failure based theories.

2.1. Von Mises Theory

The concept of Von-mises stress arises from the *distortion energy failure theory*. Distortion energy failure theory is comparison between 2 kinds of energies, (1) Distortion energy in the actual case (2) Distortion energy in a simple tension case at the time of failure.^[1]

According to this theory, failure occurs when the distortion energy in actual case is more than the distortion energy in a simple tension case at the time of failure. It suggests that material is more likely to fail if von Mises stresses are more than the material strength. Von Mises based failure theory is usually works well for cases where the ductile material is used but the bench is constructed from concrete.

2.2. Maximum Normal Stress Criteria

The maximum stress criterion, also known as the Coulomb, or Rankine criterion, is often used to predict the failure of brittle materials. The maximum stress criterion states that failure occurs when the maximum principal stress reaches either the uniaxial tension strength σ_t , or the uniaxial compression strength σ_c .^[2]

$$-\sigma_c < \{\sigma_1, \sigma_2\} < \sigma_t,$$

where σ_1 and σ_2 are the principal stresses for 2D stress. The 1st principal stress helps you understand the maximum tensile stress induced in the part due to the loading conditions and third principal stress represents the maximum compressive stress induced in the part due to the loading conditions. The 1st is the largest, the 3rd is the smallest and the 2nd just in the middle. First principal stresses are important in a way that concrete usually fail in tension because of very low tensile strength.

3. ANALYSIS OF BENCH

Analysis study of bench is implemented by Comsol by drawing bench using union of rectangular blocks and considering an elastic material because induced stresses are independent of material, rather they depend on the applied loads.

3.1. Data

In principal, material properties are gathered from number of tests performed on concrete or can get from manufacturer directly but they are usually required for bigger projects like construction purposes, here for the analysis all properties are taken for normal concrete. Properties of Normal Concrete are Flexural strength: 3 - 5 MPa, Tensile strength: 2 - 5 MPa Modulus of elasticity: 14000 - 41000 MPa. Density of concrete can vary little bit depending on concrete type but here it is taken as 2300 kg/m³. 28 days compressive Strength of concrete for these Calculations is 30MPa.

All the external applied loads in kN/m² are calculated using the average weight of Finnish Person (8). Live loads are multiplied with a factor of 1.5 which is again commonly used for buildings but design must always be on conservative side. Four blocks are created in Comsol using geometrical Data of bench given in Table 1.

Table 1: Dimensions of Bench

Block Number		x	y	z
Block 1	Size	1.3	0.4	0.05
	Position	0	0	0
Block 2	Size	1.3	0.15	0.4
	Position	0	0	0.05
Block 3	Size	1	0.1	0.4
	Position	1.3	0	0
Block 4	Size	1	0.4	0.05
	Position	1.3	-0.3	0.4

3.2. Analysis Results

Principal Stresses 11 represents the stresses in x-plane, 22 in y-plane and 33 in z-plane. Sign Conventions in Comsol and Abaqus are defined positive for tension and negative for compression. Analysis is run for the given thickness, increased thickness and various changeable positions of bench because it is a one single turnable module.

3.2.1. INCREASED THICKNESS

At first bench model had very small thickness of one of its vertical part making it prone to high stresses which could lead to failure in tension causing cracks on the surface.

Table 2: Effect of increased thickness on stresses

Principal Stresses	Original (5mm)		With increased thickness (100mm)	
Plane of Stresses	Tension	Compression	Tension	Compression
Stress 11	4	0	1.4	0.2
Stress 22	0.8	1.2	0.3	0.6
Stress 33	0	6	0	2.5

Tension can be considerably reduced even with small increase in thickness because our goal is to keep tension at least lower than 2MPa which is lower limit of range given in section 3.1. To avoid the cracking scenario, thickness was increased to 100mm. A comparison of stresses caused in original and increased thickness is shown in Table 2.

3.2.2. CASE 1

In this case, bench is fixed on bigger plate as shown in figure 1 and analyzed with fully and partially loaded cantilever (load is added more towards edge) by assuming four persons sitting on cantilever for former case and three persons sitting on edge of cantilever for latter case and five people are sitting on fixed part of bench.

Table 3: Principal stresses for Case 1

Principal Stresses	Fully loaded on cantilever plate		Partially Loaded on cantilever plate	
	Tension (MPa)	Compression (MPa)	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	1.4	0.2	1.4	0.2
Stress 22	0.3	0.6	0.3	0.5
Stress 33	0	2.5	0	2

Von Mises caused in concrete because of fully loaded and partially loaded are 2.14 MPa and 1.8 MPa respectively. Principal stresses are given for in Table 3.

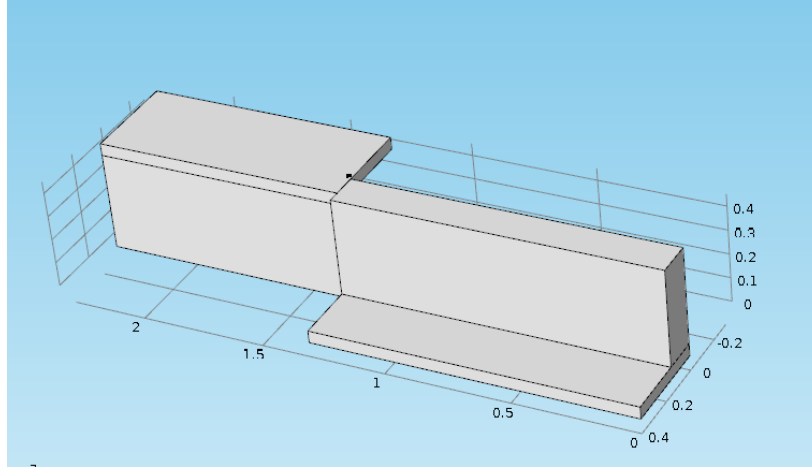


Figure 1: Bench fixed on bigger plate

3.2.3. CASE 3

Same procedure is used for analyzing the bench fixed on smaller plate, shown in figure 2, live load for cantilever in entirely loaded and partially loaded cases, is determined from weight of five people sitting there and four persons are sitting on fixed side of bench.

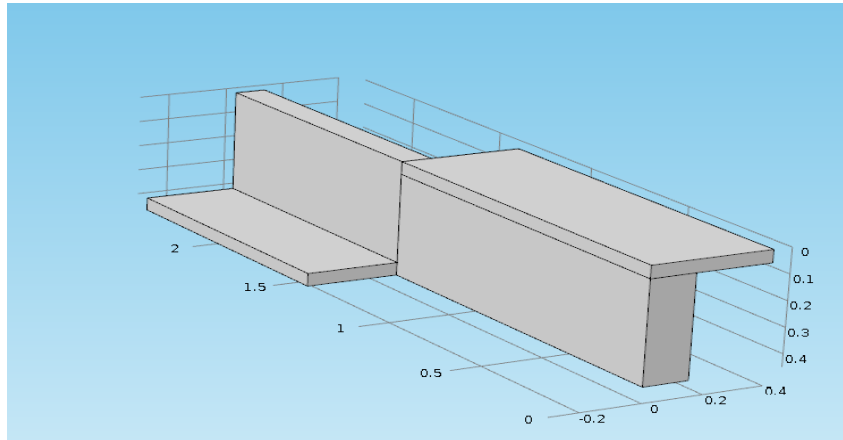


Figure 2: Bench fixed on smaller plate

Vertical block beneath cantilever must have vertical restraint meaning it should not be moving in vertical direction if someone tries to uplift it because in this situation there is high probability of cracks as tension will be very high, detailed results are given in Appendix A. Principal stresses calculated with vertical restraints are stated in Table 4. Von Mises are 0.5 MPa and 1MPa for loaded and partially loaded hanging seat respectively.

Table 4: Principal stresses for Case 2

Principal Stresses	Fully loaded on cantilever plate		Partially Loaded on cantilever plate	
	Tension(Mpa)	Tension(Mpa)	Compression(Mpa)	Compression(Mpa)
Stress 11	0.4	0.1	0.2	1
Stress 22	0.1	0.2	0.3	1.5
Stress 33	0	0.6	1.2	9

3.2.4. CASE 3

Eurocode is basically defines the wind loading for buildings or other complicated structures like bridges. However, calculations are made considering small factors for wind and horizontal loading assuming if someone is pushing the bench but stresses are below 1Mpa for vertically supported bench shown in figure 3. Designed support for this vertical bench should be stiff enough to carry its own weight.

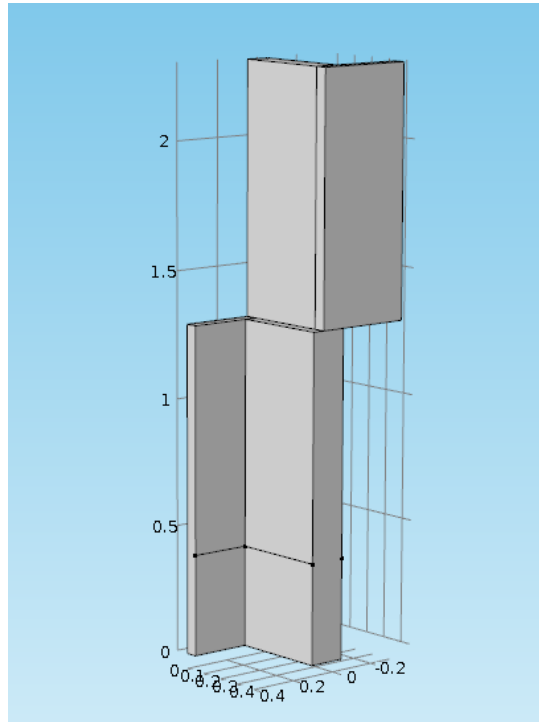


Figure 3: Vertical Bench

3.2.5. PRINCIPAL STRESSES

This subsection is basically dedicated to the pictures for depiction of stresses to grasp the idea which sections of benches could possibly have high concentration of stresses. Pictures for bench fixed on bigger plate given in figure 4, show that excessive stresses are more prominent in corners which can be reduced by converting a corner to smooth curve even with small radius.

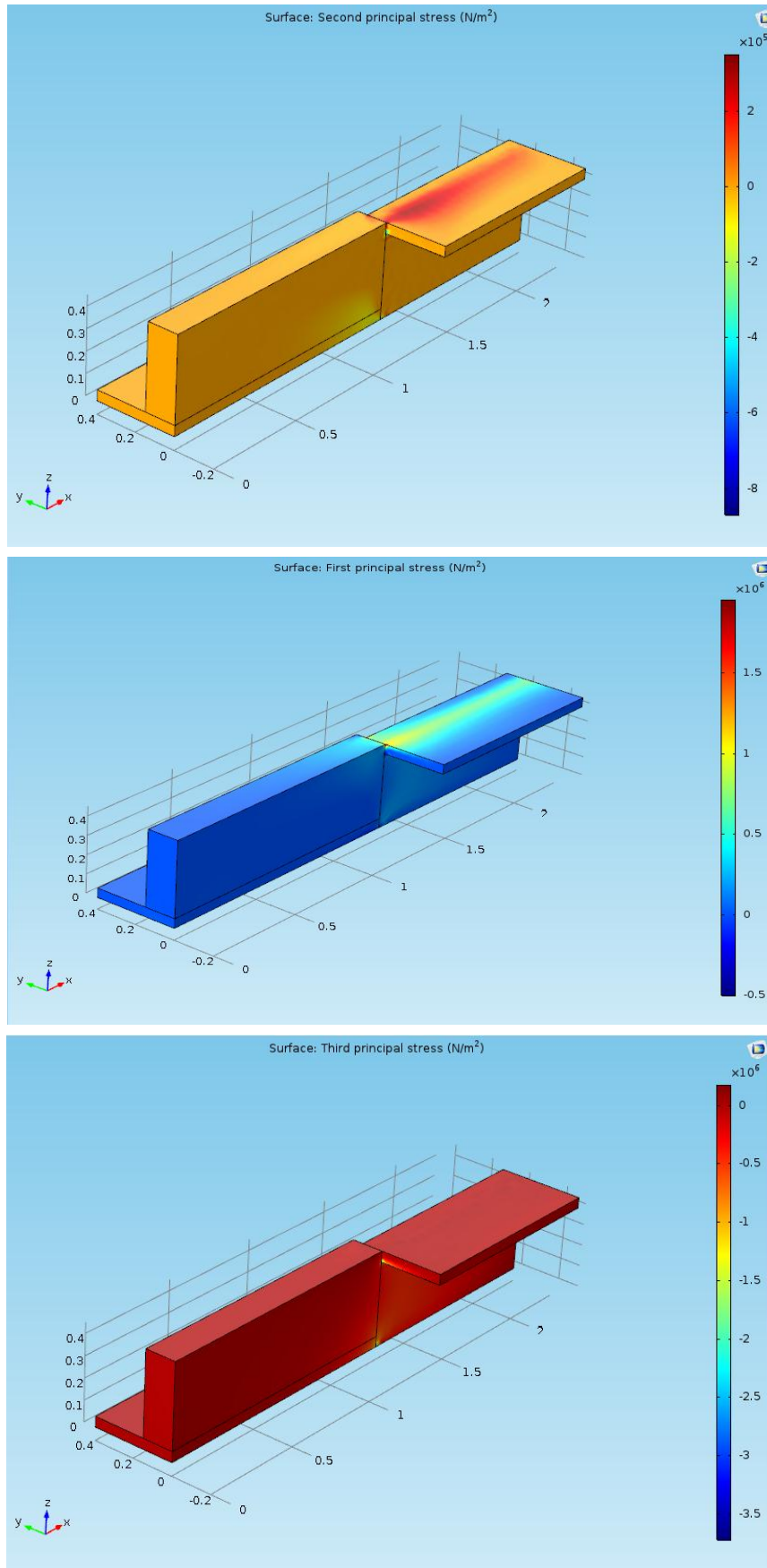


Figure 4: Principal stresses on surface of bench

3.2.6. ABAQUS RESULTS

All above results are verified by Abaqus once shown in figure 5 and also analyzed by replacing sharp corners by smooth arcs, which resulted into further reduction of stresses on corner surface as shown in the picture below.

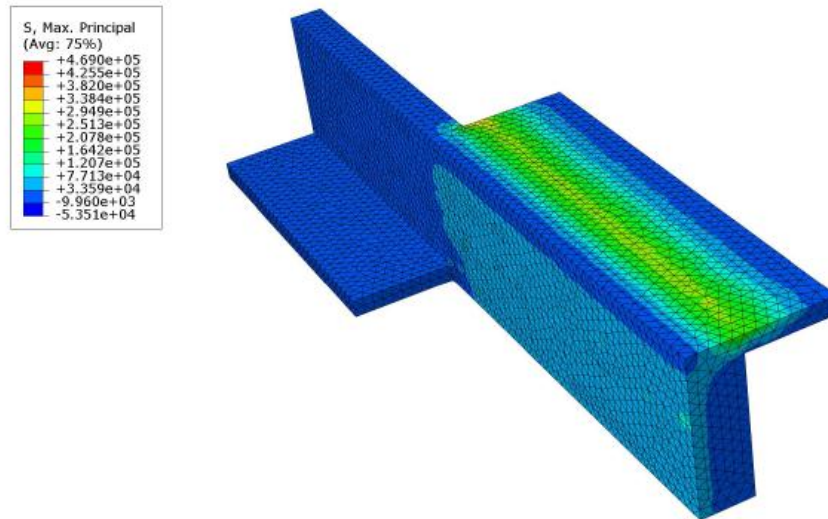


Figure 5: Abaqus Results for bench with curved corners

3.2.7. CONVERGENCE STUDY

It is important to study the convergence of solution to ensure that results are independent of mesh size and accuracy of finite element method. For the first bench with bigger fixed plate on some random point with high stresses, principal stress converging with decrease in mesh size is given as

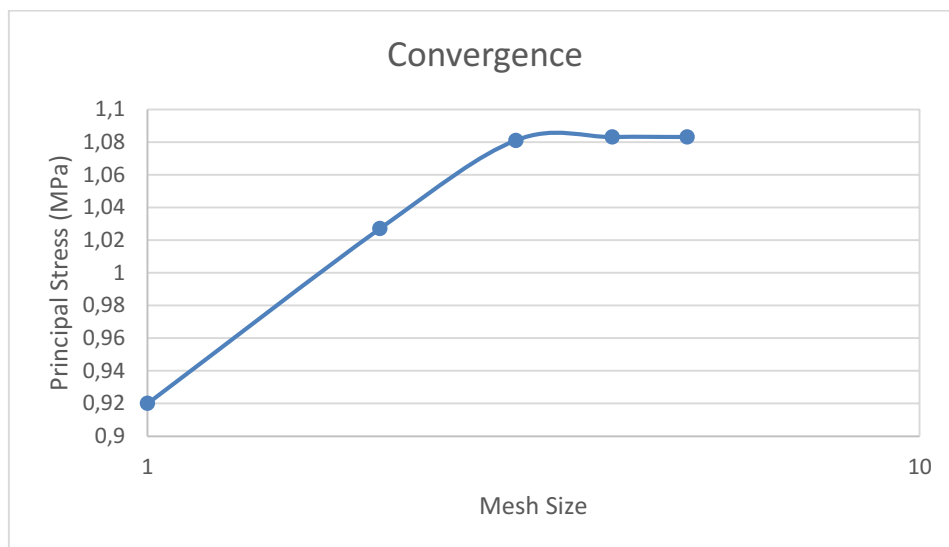


Figure 6: Convergence study for Comsol results.

4. DESIGN OF BENCH

Structural design of bench is simply consists of two components, reinforcement calculation for crack control and fixings of connections.

4.1. Reinforcement Scheme

Steel reinforcement in the bench is calculated by assuming seat as cantilever slabs and then simple design techniques are applied. Although loads are not that high to have proper design of reinforcement but minimum steel is provided to reduce even small chances of cracking due to tension according to the criteria given below:

Minimum areas

Minimum area of reinforcement:

$$A_{s,min} = 0.26 (f_{ctm}/f_{yk}) b_t d \geq 0.0013 b_t d$$

where

b_t = width of tension zone

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{0.666}$$

Nominal cover for mild exposure is 20 mm and for moderate exposure is 30 mm, however, if diameter of bar is less than 12 mm, cover can be reduced by 5 mm. Spacing for main steel should not be greater than thrice of bar diameter or 300 mm whichever is small.^[3]

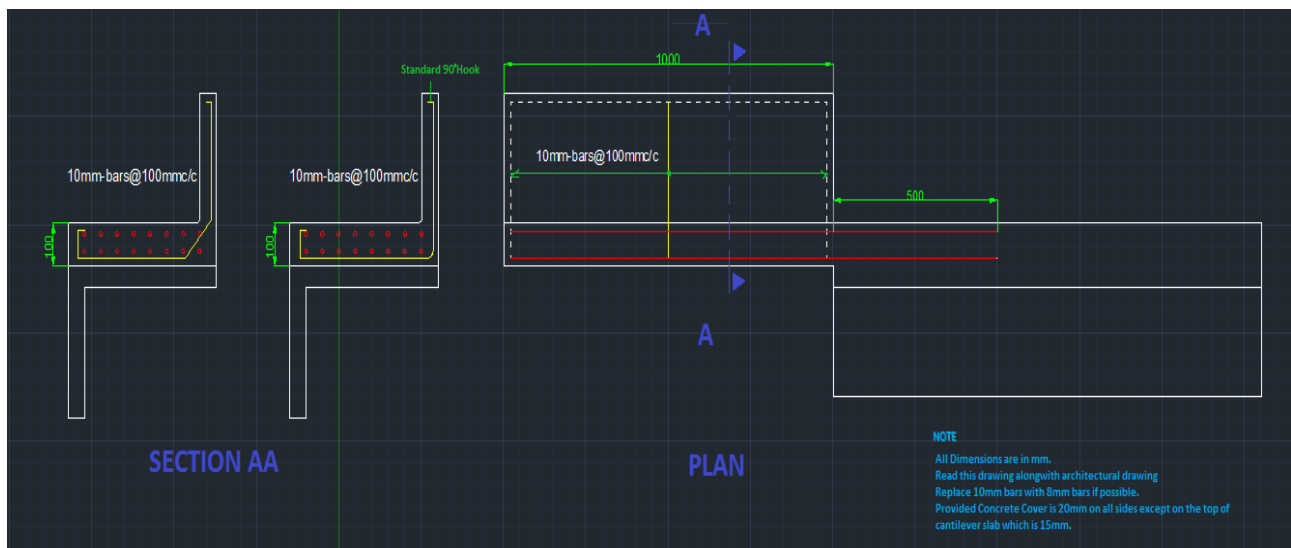


Figure 7: Reinforcement detailing in bench

- All dimensions for the above drawing are in mm.
- Structural drawing should be read along with architectural drawing.
- Replace 10mm bars with 8mm or 6mm, if available.
- Concrete cover is 20mm for all the cases except the top cover of cantilever slab which is 15mm.

- There are two sections shown in the drawing, alternative yellow bars should be placed according to the two sections.
- Corners could be made smoother using any other architectural geometry.
- Plates and nets could also be used along with bars to provide more stiffness but using plates imply overly reinforced design.

4.2. Connections

Vertical reactions on the bolts could vary from 50-150N for horizontally placed benches. Bolts must have enough strength to take any impact load and high resistance for overturning moment, when bench is vertically fixed, which could possibly throw it if couple of people are trying to push it very hard or if the wind is too strong. One must be very careful about this particular situation and take all measures to make it stable because concrete bench is quite heavy and can cause unpleasant situation if it fell down. We have suggested Peikko^[4] for design of connections of bench, however, some of calculations are also carried out, given in Appendix B to double check the capacity of vertical section. It is advised to add one more bolt on the other side of section shown in calculations.

APPENDICES

Appendix A

Stresses, in case if it is not vertically fixed, then stresses can go as high as shown in table below.

Stresses	Fully loaded on cantilever plate		Partially Loaded on cantilever plate	
Von Mises (MPa)	7		10	
Principal Stresses	Tension (MPa)	Compression (MPa)	Tension (MPa)	Compression (MPa)
Stress 11	2	1	2.5	0.8
Stress 22	0.2	1.4	0	0.2
Stress 33	0	9	0	0

Appendix B

Calculation of resisting Moment of bolts

Data:

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2} \quad \text{gravitational acceleration}$$

$$w := 200 \text{ kg} \quad \text{force assumed acting on topmost side of bench in horizontal direction}$$

$$F := w \cdot g = 1.961 \text{ kN}$$

Geometry of cross-section

$$h := 0.15 \text{ m} \quad b := 0.45 \text{ m}$$

$$L := 2.3 \text{ m} \quad \text{height of the bench}$$

Material properties

$$\rho := 2300 \frac{kg}{m^3} \quad \text{density of concrete}$$

$$f_y := 275 \text{ MPa} \quad \text{yielding strength of steel for A36 steel}$$

$$f'_c := 30 \text{ MPa} \quad \text{compressive strength of concrete}$$

$$\varepsilon_{cu} := 0.003 \quad \text{ultimate strain for concrete}$$

$$E := 200 \text{ GPa} \quad \text{Elastic Modulus for concrete}$$

Material Partial Factors:

$$\gamma_c := 1.5 \quad \alpha_{cc} := 0.85$$

Factors for calculation model:

$$\lambda := 0.85 \quad \eta := 1$$

Steel Bolts

$$d_b := 16 \text{ mm} \quad \text{diameter of bar}$$

$$A_b := \pi \cdot \frac{d_b^2}{4} \cdot 2 = (4.021 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2 \quad \text{Area of two bars}$$

$$d' := 40 \text{ mm} \quad \text{Concrete cover for bolts}$$

$$d := h - d' = 0.11 \text{ m} \quad \text{depth of tension steel}$$

Section is assumed to be rectangular for all the calculations

Applied Moment by pushing the bench

$$M_{Applied} := F \cdot L = 4.511 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

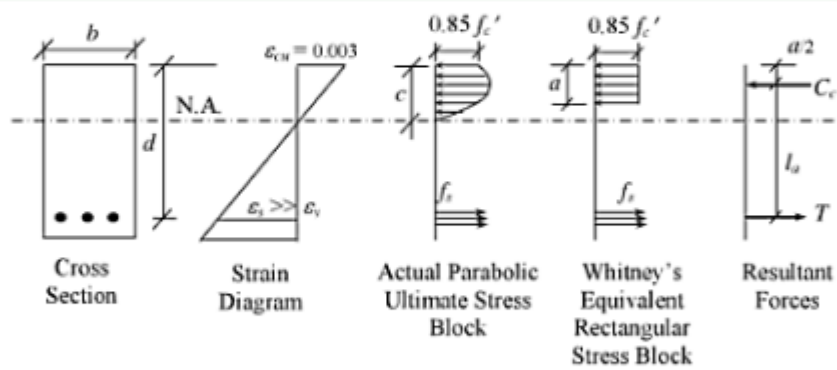


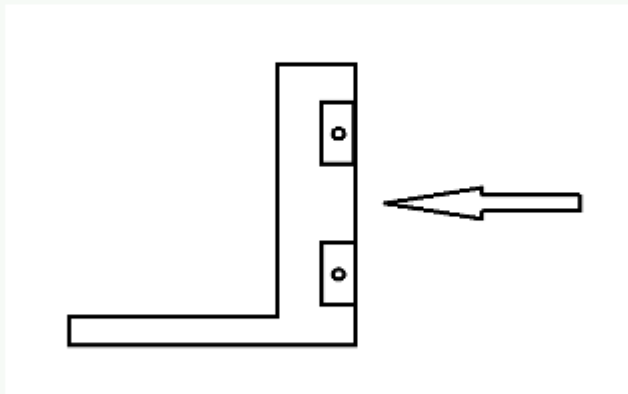
Fig. 3.4. Whitney's Equivalent Rectangular Stress Block.

Case A: Bolts are in tension

Assumption: Tension steel is yielding, $f_s = f_y$

$$a := \frac{A_b \cdot f_y}{\alpha_{cc} \cdot f'_c \cdot b} = 0.01 \text{ m}$$

$$c := \frac{a}{\lambda} = 0.011 \text{ m}$$



$$\epsilon_y := \frac{f_y}{E} = 0.001$$

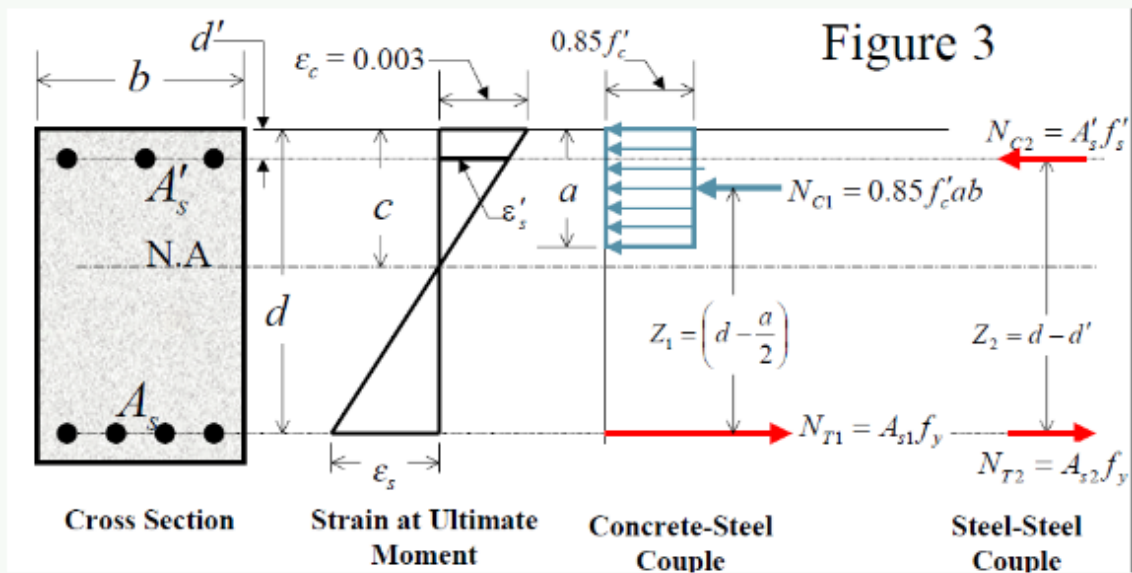
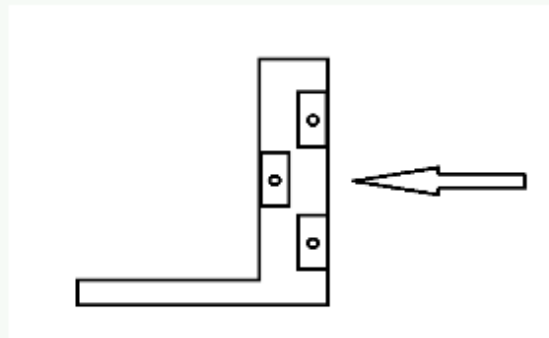
$$\varepsilon_s := \varepsilon_{cu} \cdot \frac{d-c}{c} = 0.026 \quad \text{Assumption is okay}$$

Resisting Moment

$$M_r := \alpha_{cc} \cdot f'_c \cdot b \cdot a \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 11.631 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{for two bolts}) \text{ OK}$$

Case B: When there is also one bolt on compression side

$$A_b' := \pi \cdot \frac{d_b^2}{4} = (2.011 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$



Assuming (1) steel in tension is yielding but (2) steel in compression is below yield stress, we will reach the following equilibrium

$$A_b \cdot f_y - A_b' \cdot 0.003 \cdot \left(\frac{c-d'}{c} \right) \cdot E - \alpha_{cc} \cdot f_c' \cdot b \cdot \lambda \cdot c = 0$$

$$c := 0.07 \text{ m}$$

$$a := \lambda \cdot c = 0.06 \text{ m}$$

$$f_s' := \varepsilon_{cu} \cdot \frac{c-d'}{c} \cdot E = 257.143 \text{ MPa} \quad \parallel < f_y \quad \text{Assumption 2 is okay}$$

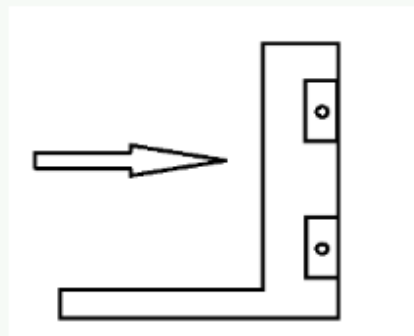
$$\varepsilon_s' := \varepsilon_{cu} \cdot \frac{c-d'}{c} = 0.001$$

$$\varepsilon_s := \varepsilon_{cu} \cdot \frac{d-c}{c} = 0.002 \quad \text{Assumption 1 is okay}$$

Resisting Moment

$$M_r := \alpha_{cc} \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) + f_s' \cdot (d-d') \cdot A_b' = 58.411 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Case C: Bolts are in compression and only concrete in session



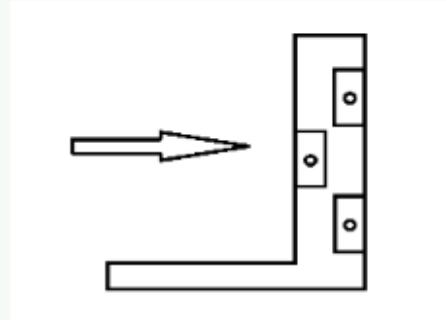
Now this is very clear that concrete is not good in tension, that's why it is advisable to have atleast one bolt on tension side for this case as well

Case C: Bolts are in compression and only one bolt resisting tension

In Practice, usually compression steel is not included for calculating the capacity as most of the compression is taken by concrete

$$a := \frac{A_b' \cdot f_y}{\alpha_{cc} \cdot f_c' \cdot b} = 0.005 \text{ m} \quad +$$

$$c := \frac{a}{\lambda} = 0.006 \text{ m}$$



Resisting Moment

$$M_r := \alpha_{cc} \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 5.949 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{for one bolts})$$

REFERENCES

1. http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/failure_criteria/failure_criteria_ductile.cfm
2. http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/failure_criteria/failure_criteria_brittle.cfm
3. <http://theconstructor.org/structural-engg/rcc-slab-design-and-detailing-guide/8219>
4. <http://www.peikko.fi/>